

日 本 国 特 許 庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

j1017 U.S. PTO  
09/842403  
04/26/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年10月11日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-311124

出 願 人

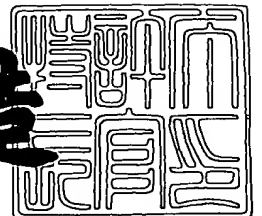
Applicant (s):

株式会社東芝

2001年 3月23日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3023752



【書類名】 特許願

【整理番号】 A000005851

【提出日】 平成12年10月11日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 21/027

【発明の名称】 成膜方法

【請求項の数】 19

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝横浜事業所内

【氏名】 伊藤 信一

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地 株式会社東芝マイクロエレクトロニクスセンター内

【氏名】 奥村 勝弥

【特許出願人】

【識別番号】 000003078

【氏名又は名称】 株式会社 東芝

【代理人】

【識別番号】 100058479

【弁理士】

【氏名又は名称】 鈴江 武彦

【電話番号】 03-3502-3181

【選任した代理人】

【識別番号】 100084618

【弁理士】

【氏名又は名称】 村松 貞男

【選任した代理人】

【識別番号】 100068814

【弁理士】

【氏名又は名称】 坪井 淳

【選任した代理人】

【識別番号】 100092196

【弁理士】

【氏名又は名称】 橋本 良郎

【選任した代理人】

【識別番号】 100091351

【弁理士】

【氏名又は名称】 河野 哲

【選任した代理人】

【識別番号】 100088683

【弁理士】

【氏名又は名称】 中村 誠

【選任した代理人】

【識別番号】 100070437

【弁理士】

【氏名又は名称】 河井 将次

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2000-127953

【出願日】 平成12年 4月27日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011567

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9705037

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書  
【発明の名称】 成膜方法  
【特許請求の範囲】

【請求項 1】

液体を滴下する滴下部と、該滴下部の鉛直下にある被処理基板と、該滴下部から該基板上に滴下された液体を該被処理基板に留めながら、該被処理基板もしくは該滴下部を相対的に移動させて被処理基板上に液膜を形成する液膜形成方法であって、

前記被処理基板と前記滴下部との相対的な移動は、該基板を回転させつつ、前記滴下部を該基板の内周部から該基板の外周部に向けて相対的に移動させるものであって、

前記被処理基板と前記滴下部との相対的な移動は、該基板を回転させつつ、前記滴下部を該基板の内周部から該基板の外周部に向けて相対的に移動であり、前記液体が前記被処理基板上に螺旋状に滴下されるものであって、

前記被処理基板の内周部から外周部に向けた前記滴下部の相対的な移動に伴い、滴下された液膜にかかる遠心力により滴下された該液膜が移動しないように、該基板の回転数  $w$  を低下させると共に、該滴下部からの前記液体の供給速度  $v$  を増加させて、前記被処理基板上に液膜を形成する、

もしくは、

前記被処理基板と前記滴下部との相対的な移動は、該基板を回転しつつ、前記滴下部を該基板の外周から該基板の該内周に向けて相対的に移動させるものであって、

前記被処理基板と前記滴下部との相対的な移動は、該基板を回転させつつ、前記滴下部を該基板の外周部から該基板の内周部に向けて相対的に移動であり、前記液体が前記被処理基板上に螺旋状に滴下されるものであって、

前記被処理基板の外周部から内周部に向けた前記滴下部の相対的な移動に伴い、滴下された液膜にかかる遠心力により滴下された該液膜が移動しないように、該基板の回転数  $w$  を増加させると共に、該滴下部からの前記液体の供給速度  $v$  を低下させて、前記被処理基板上に液膜を形成する

ことを特徴とする成膜方法。

【請求項 2】

前記滴下部が前記被処理基板中心からの距離  $r$  に位置する場合、該滴下部からの前記液体の供給速度  $v$  は、該基板保持部の回転数  $w$  と供給速度  $v$  との積が一定となるように前記被処理基板の回転数  $w$  に応じて定められることを特徴とする請求項 1 に記載の成膜方法。

【請求項 3】

前記滴下部が前記被処理基板の最外径  $R$  に位置するときの該基板の回転数  $w_0$ 、及び該滴下部が前記被処理基板中心からの距離  $R$  に位置するときの前記液体の供給速度  $v_0$  に対し、

該基板が前記距離  $r$  に位置する場合の該基板の回転数  $w$  が、 $(R/r)$  の平方根と  $w_0$  との積で定められ、且つ、供給速度  $v$  が  $v_0$  を  $(R/r)$  の平方根で除した値として定められることを特徴とする請求項 2 に記載の成膜方法。

【請求項 4】

前記被処理基板が半径  $R$  (mm) の円形状基板の場合、前記滴下部が該基板の最外径部で液体を滴下している状態における該基板の回転数 (rpm) が、 $100000/R$  の平方根で定められる値未満であることを特徴とする請求項 1 に記載の成膜方法。

【請求項 5】

前記被処理基板が直径 200 mm の円形状基板の場合、前記滴下部が該基板の最外径部で液体を滴下している状態における該基板の回転数が、99 rpm 以下であることを特徴とする請求項 4 に記載の成膜方法。

【請求項 6】

前記被処理基板が直径 300 mm の円形状基板の場合、前記滴下部が該基板の最外径部で液体を滴下している状態における該基板の回転数が、81 rpm 以下であることを特徴とする請求項 4 に記載の成膜方法。

【請求項 7】

前記滴下部の前記被処理基板の内周部から外周部、或いは外周部から内周部への相対的な移動は、該基板が 1 回転する間に所定のピッチだけ移動するように制

御されることを特徴とする請求項 1 に記載の成膜方法。

【請求項 8】

前記滴下部は、液体を吐出する複数の吐出口を具備し、

前記滴下部の吐出速度と該被処理基板の回転数は、該複数の吐出口の変位の平均値により決定されることを特徴とする請求項 1 に記載の成膜方法。

【請求項 9】

前記液体は露光工程に用いられる反射防止材を含む薬液、感光性材料を含む溶液、低誘電体材料を含む溶液、強誘電体材料を含む溶液、電極材料を含む溶液、パターン転写材料を含む溶液、ドーナツ状記憶媒体に用いられる磁性体材料を含む溶液、ドーナツ状記憶媒体に用いられる光吸収反応材料を含む溶液のいずれかであることを特徴とする請求項 1 に記載の成膜方法。

【請求項 10】

前記液膜が形成された該被処理基板を該液膜中の溶剤の処理温度における蒸気圧以下の圧力下に晒して該溶剤を乾燥除去して固体層を形成することを特徴とする請求項 1 に記載の成膜方法。

【請求項 11】

前記液膜が形成された該被処理基板を気流下に晒して、該液膜中の溶剤を乾燥除去して固体層を形成することを特徴とする請求項 1 に記載の成膜方法

【請求項 12】

前記形成された液膜を振動させながら乾燥させて、表面が略平坦な固体層を形成することを特徴とする請求項 10 又は 11 に記載の成膜方法。

【請求項 13】

請求項 10、或いは請求項 11 に記載の成膜方法を用いて、前記被処理基板上に前記固体層を形成する半導体素子の製造方法であって、

前記被処理基板は半導体基板であり、前記固体層は、露光工程に用いられる反射防止、感光性を有する膜、低誘電体膜、層間絶縁膜、強誘電体膜、電極、パターン転写膜のいずれかから一つ以上選ばれるものであることを特徴とする半導体素子の製造方法。

【請求項 14】

請求項 1 3 に記載の半導体素子の製造方法を用いて形成された、前記露光工程に用いられる反射防止、感光性を有する膜、低誘電体膜、層間絶縁膜、強誘電体膜、電極、パターン転写膜のいずれか一つ以上を前記半導体基板上に具備することを特徴とする半導体素子。

【請求項 1 5】

請求項 1 0、或いは請求項 1 1 に記載の成膜方法を用いて、前記被処理基板上に前記固体層を形成するドーナツ状記憶媒体の製造方法であって、

前記固体層は磁性体膜又は光吸収反応膜であることを特徴とするドーナツ状記憶媒体の製造方法。

【請求項 1 6】

前記被処理基板の内周部から外周部に向けた前記滴下部の相対的な移動は、前記被処理基板の略中心から外周に向けた相対的な移動であり、

前記被処理基板の外周部から内周部に向けた前記滴下部の相対的な移動は、前記被処理基板の外周から略中心に向けた相対的な移動であることを特徴とする請求項 1 に記載の成膜方法。

【請求項 1 7】

前記被処理基板の略中心を含む領域では、

前記滴下部が前記略中心を含む領域の一端から他端に向かう列方向の移動と前記略中心を含む領域外の行方向の移動で構成された該被処理基板と該滴下部との相対的な移動をさせるとともに、前記滴下部から該被処理基板に対して供給速度  $v'$  で薬液を供給して液膜を形成することを特徴とする請求項 1 に記載の成膜方法。

【請求項 1 8】

前記供給速度  $v'$  が、

前記略中心を含む領域の直ぐ外側で螺旋状に滴下される液体の供給速度  $v$  と略等しくなるように設定されていることを特徴とする請求項 1 7 に記載の成膜方法。

【請求項 1 9】

前記被処理基板の略中心を含む領域では、

前記滴下部から吐出された液体の一部を前記被処理基板上に到達しないように

遮断して滴下量を調整することで、滴下された液膜にかかる遠心力により、液膜が移動しないようにすることを特徴とする請求項 1 記載の成膜方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、被処理基板に対して液体を渦巻き状に滴下して成膜を行う成膜方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

リソグラフィプロセスで従来から行われてきた回転塗布法は基板に滴下した液体の殆どを基板外に排出し、残りの数%で成膜するため、使用する薬液の無駄が多く、排出された薬液が多いことから環境にも悪影響を及ぼしていた。また、方形の基板や 12 インチ以上の大口径の円形基板では、基板の外周部で乱気流が生じその部分で膜厚が不均一になるという問題が生じていた。

【0003】

薬液を無駄にせず基板全面に均一に塗布する手法として特開平 2 - 2 2 0 4 2 8 号公報には一列に配置した多数のノズルよりレジストを滴下し、その後方よりガスまたは液体を成膜面に吹き付けることで均一な膜を得る手法が記載されている。また、特開平 6 - 1 5 1 2 9 5 号公報では棒に多数の噴霧口を設け、それよりレジストを基板上に滴下し均一な膜を得ることを目的としている。更に特開平 7 - 3 2 1 0 0 1 号にレジストを噴霧するための多数の噴出孔が形成されたスプレーヘッドを用い、基板と相対的に移動して塗布する手法が記載されている。これらいずれの塗布装置においても滴下あるいは噴霧ノズルを横一列に複数配置し、それを基板表面にそってスキャンさせて均一な膜を得ることを目的としている。

【0004】

これら複数のノズルを持つ装置を用いた塗布法の他に一本の液体吐出ノズルを用い、被処理基板上を走査させることで液膜を形成する手法が有る。この手法ではノズルの操作法次第では基板 1 枚あたりの処理時間が長くなったり、薬液の使



用量が膨大になったりするという問題が生じていた。

【0005】

これらの問題を解決する成膜方法として、特開2000-77326号公報には、渦巻き状に薬液を供給して塗布を行う手法が開示されている。この中で、“塗布条件としてウェハを低速（例えば20～30rpm）で回転させつつノズルユニットをこのウェハの直径方向（例えばX方向）に移動させることで塗布を行うようにすることが好ましい。”ということが記載されている。また、“ウェハとノズルユニットの相対速度を一定に保つことが重要である。”ことが記載されている。すなわち、ノズルの線速度を一定にすることが記載されている。

【0006】

ノズルユニットを一定の速度で移動させた場合、線速度を一定にするためには、ノズル外周部に対してその内側での回転数を大きくしなければならない。例えば、200mmウェハで考えた場合、半径100mmでの回転数を30rpmとしても、回転数が径の逆数に比例し半径1mm以下の部分では3000rpm以上で回転させる必要がある。3000rpmでウェハを回転させた場合、基板中心から液塗布を開始したとしても、薬液が瞬時に基板外に放出されてしまう。

【0007】

また、ウェハを低速で一定の回転数で回転させた場合、基板中心でのノズル移動速度はきわめて速く、塗布後に振動を与えて液体の移動を生じさせたとしても、移動しきれず結局中央部では塗布されない領域が生じ、均一な膜を形成することができないという問題があった。このように、線速度一定にして薬液を吐出させると、液膜が形成されないという問題があった。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

上述したように、被処理基板を回転させつつ薬液を滴下して被処理基板上に渦巻き状に薬液を供給して液膜の成膜を行う技術において、被処理基板に対する滴下ノズルの線速度を一定にすると、薬液が基板外に放出されてしまう、或いは均一に液膜が形成されないという問題があった。

【0009】

本発明の目的は、被処理基板上に渦巻き状に薬液を供給して成膜を行う技術において、被処理基板外への薬液の放出を抑制すると共に、均一に膜を形成し得る成膜方法を提供することにある。

【 0 0 1 0 】

【課題を解決するための手段】

〔構成〕

本発明は、上記目的を達成するために以下のように構成されている。

【 0 0 1 1 】

(1) 本発明(請求項1)は、液体を滴下する滴下部と、該滴下部の鉛直下にある被処理基板と、該滴下部から該基板上に滴下された液体を該被処理基板に留めながら、該被処理基板もしくは該滴下部を相対的に移動させて被処理基板上に液膜を形成する液膜形成方法であって、前記被処理基板と前記滴下部との相対的な移動は、該基板を回転させつつ、前記滴下部を該基板の内周部から該基板の外周部に向けて相対的に移動させるものであって、前記被処理基板と前記滴下部との相対的な移動は、該基板を回転させつつ、前記滴下部を該基板の内周部から該基板の外周部に向けて相対的に移動であり、前記液体が前記被処理基板上に螺旋状に滴下されるものであって、前記被処理基板の内周部から外周部に向けた前記滴下部の相対的な移動に伴い、滴下された液膜にかかる遠心力により滴下された該液膜が移動しないように、該基板の回転数 $w$ を低下させると共に、該滴下部からの前記液体の供給速度 $v$ を増加させて、前記被処理基板上に液膜を形成する、もしくは、前記被処理基板と前記滴下部との相対的な移動は、該基板を回転しつつ、前記滴下部を該基板の外周から該基板の該内周に向けて相対的に移動させるものであって、前記被処理基板と前記滴下部との相対的な移動は、該基板を回転させつつ、前記滴下部を該基板の外周部から該基板の内周部に向けて相対的に移動であり、前記液体が前記被処理基板上に螺旋状に滴下されるものであって、前記被処理基板の外周部から内周部に向けた前記滴下部の相対的な移動に伴い、滴下された液膜にかかる遠心力により滴下された該液膜が移動しないように、該基板の回転数 $w$ を増加させると共に、該滴下部からの前記液体の供給速度 $v$ を低下させて、前記被処理基板上に液膜を形成することを特徴とする。

なお、“滴下された液膜にかかる遠心力により滴下された該液膜が移動しないように”というのは、滴下された液体が流動性により広がって移動することを除くものである。

## 【 0 0 1 2 】

本発明の好ましい実施態様を以下に記す。

(a) 前記滴下部が前記被処理基板中心からの距離  $r$  に位置する場合、該滴下部からの前記液体の供給速度  $v$  は、該基板保持部の回転数  $w$  と供給速度  $v$  との積が一定となるように前記被処理基板の回転数  $w$  に応じて定められること。

(b) 前記滴下部が前記被処理基板の最外径  $R$  に位置するときの該基板の回転数  $w_0$ 、及び該滴下部が前記被処理基板中心からの距離  $R$  に位置するときの前記液体の供給速度  $v_0$  に対し、該基板が前記距離  $r$  に位置する場合の該基板の回転数  $w$  が、 $(R/r)$  の平方根と  $w_0$  との積で定められ、且つ、供給速度  $v$  が  $v_0$  を  $(R/r)$  の平方根で除した値として定められること。

## 【 0 0 1 3 】

(c) 前記被処理基板が半径  $R$  (mm) の円形状基板の場合、前記滴下部が該基板の最外径部で液体を滴下している状態における該基板の回転数 ( $r\text{ p m}$ ) が、 $1000000/R$  の平方根で定められる値未満であること。

(d) 前記被処理基板が直径  $200\text{ mm}$  の円形状基板の場合、前記滴下部が該基板の最外径部で液体を滴下している状態における該基板の回転数が、 $99\text{ r p m}$  以下であること。

(e) 前記被処理基板が直径  $300\text{ mm}$  の円形状基板の場合、前記滴下部が該基板の最外径部で液体を滴下している状態における該基板の回転数が、 $81\text{ r p m}$  以下であること。

## 【 0 0 1 4 】

(f) 前記滴下部の前記被処理基板の内周部から外周部、或いは外周部から内周部への相対的な移動は、該基板が 1 回転する間に所定のピッチだけ移動するように制御されること。

(g) 前記滴下部は、液体を吐出する複数の吐出口を具備し、前記滴下部の吐出速度と該被処理基板の回転数は、該複数の吐出口の変位の平均値により決定され

ること。

(h) 前記液体は露光工程に用いられる反射防止材を含む薬液、感光性材料を含む溶液、低誘電体材料を含む溶液、強誘電体材料を含む溶液、電極材料を含む溶液、パターン転写材料を含む溶液、ドーナツ状記憶媒体に用いられる磁性体材料を含む溶液、ドーナツ状記憶媒体に用いられる光吸収反応材料を含む溶液のいずれかであること。

【 0 0 1 5 】

(i) 前記液膜が形成された該被処理基板を該液膜中の溶剤の処理温度における蒸気圧以下の圧力下に晒して該溶剤を乾燥除去して固体層を形成すること。

(j) 前記形成された液膜を振動させながら乾燥させて、表面が略平坦な固体層を形成すること。

(k) 前記液膜が形成された該被処理基板を気流下に晒して、該液膜中の溶剤を乾燥除去して固体層を形成すること。

【 0 0 1 6 】

(l) 前記成膜方法を用いて、前記被処理基板上に前記固体層を形成するドーナツ状記憶媒体の製造方法であって、前記固体層は磁性体膜又は光吸収反応膜であること。ドーナツ状記憶媒体とは、コンパクトディスク、ミニディスク、デジタルビデオディスク、ハードディスクなどである。

【 0 0 1 7 】

(m) 前記被処理基板の略中心を含む領域では、前記滴下部から吐出された液体の一部を前記被処理基板上に到達しないように遮断して滴下量を調整することで、滴下された液膜にかかる遠心力により、液膜が移動しないようにすること。

【 0 0 1 8 】

(n) 前記被処理基板の内周部から外周部に向けた前記滴下部の相対的な移動は、前記被処理基板の略中心から外周に向けた相対的な移動であり、前記被処理基板の外周部から内周部に向けた前記滴下部の相対的な移動は、前記被処理基板の外周から略中心に向けた相対的な移動であること。

【 0 0 1 9 】

(o) 前記被処理基板の略中心を含む領域では、前記滴下部が前記略中心を含む

領域の一端から他端に向かう列方向の移動と前記略中心を含む領域外の行方向の移動で構成された該被処理基板と該滴下部との相対的な移動をさせるとともに、前記滴下部から該被処理基板に対して供給速度  $v'$  で薬液を供給して液膜を形成すること。前記供給速度  $v'$  が、前記略中心を含む領域の直ぐ外側で螺旋状に滴下される液体の供給速度  $v$  と略等しくなるように設定されていること。

## 【 0 0 2 0 】

(p) 前記被処理基板の略中心を含む領域では、前記滴下部から吐出された液体の一部を前記被処理基板上に到達しないように遮断して滴下量を調整することで、滴下された液膜にかかる遠心力により、液膜が移動しないようにすること

## 【作用】

本発明は、上記構成によって以下の作用・効果を有する。

## 【 0 0 2 1 】

本発明によれば、滴下部からの前記液体の供給速度  $v$  を増加させつつ、滴下された液膜にかかる遠心力により該液膜が移動しないように、被処理基板の回転数  $w$  を低下させることによって、内周部及び外周部において液膜が移動せず、被処理基板の中心部で液膜が形成されない領域が生じさせることなく、均一な液膜を形成することができる。

## 【 0 0 2 2 】

遠心力は、質量、回転中心からの距離、及び回転数の 2 乗の積に比例する。従って、回転中心からの近いところでは、液膜にかかる遠心力は、外周部に比べて小さくなる。従って、内周部では、回転数を大きくし、遠心力により液膜が移動しないように回転数を小さくすることで液膜が移動することが無く、液膜が形成されない領域が生じさせることがない。

## 【 0 0 2 3 】

また、回転数の減少と共に、液体の供給速度を増加させることによって、被処理基板上への液体の供給量が一定になり、均一な液膜を形成することができる。

## 【 0 0 2 4 】

(a) に示した条件で成膜を行うことにより、単位面積あたりの薬液供給量を等しくすることができる。また、(b) に示した条件で、被処理基板の回転数と液

体の滴下速度を決定することができる。(c)～(e)に示した条件で、遠心力で液膜が移動することがない。(f)に示した条件で滴下部を移動させることにより、液膜が形成されない領域がない均一な膜を形成することができる。(g)に示した条件により、2つの吐出口を持ち、各々に同じ供給速度を与える薬液供給ノズルを用いたときに、位置にある吐出口に対して同じ供給速度を与えても均一な液膜形成を可能にする。また、(h)は、液体として適用可能な範囲を示している。(i)、(k)により、液膜から均一な膜厚の固体層を形成することができる。さらに、(j)により均一な膜厚の固体層を形成することができる。

#### 【0025】

本発明により形成された固体層は膜厚の均一性が改善されるため、この固体層を含む半導体素子も優れた電気的特性を有する。

#### 【0026】

本塗布方法でドーナツ状記録メディアへの塗布を行うことで、塗布膜厚を均一にすることができ、記憶信頼性を向上できる。

#### 【0027】

螺旋塗布が難しい基板中心領域に対して薬液遮断を行うことで単位面積あたりの薬液供給量を等しくすることを可能にする。

#### 【0028】

螺旋塗布が難しい基板中心領域に対して直線状の塗布を行うことで単位面積あたりの薬液供給量を等しくすることを可能にする。

#### 【0029】

#### 【発明の実施の形態】

本発明の実施の形態を以下に図面を参照して説明する。

#### 【0030】

#### 〔第1実施形態〕

図1は本発明に用いる成膜装置の概略構成を示す構成図である。

図1に示すように、被処理基板100が設置される基板保持部120は、基板100中心で転ずる駆動系121に接続されている。また、被処理基板100の上方には、薬液を吐出しつつ、ノズル駆動系123により径方向に移動可能な薬

液供給ノズル 1 2 2 が設置されている。薬液供給ノズル 1 2 2 には、薬液供給管 1 2 4 を介して薬液供給ノズル 1 2 2 に薬液を供給する薬液供給ポンプ 1 2 5 が接続されている。薬液供給ノズル 1 2 2 からの薬液吐出の制御は、薬液供給ポンプ 1 2 5 からの薬液供給圧力を制御して行った。

#### 【 0 0 3 1 】

薬液供給ノズル 1 2 2 は、例えば図 2 に示すような構成である。図 2 に示すように、薬液供給ノズル 1 2 2 は、図示されない薬液供給ポンプに接続された薬液供給管 1 2 4 から供給された薬液が一旦貯蔵する薬液槽 2 0 1 と、薬液槽 2 0 1 内の薬液が吐出される薬液吐出口 2 0 2 とを含んで構成される。

#### 【 0 0 3 2 】

薬液供給ノズル 1 2 2 は、ノズル駆動系 1 2 3 により被処理基板 1 0 0 のほぼ中央から移動を開始し、薬液を被処理基板上に連続的に供給しながら基板の略エッジ部分まで移動する。薬液供給は、薬液供給ノズルが被処理基板エッジに到達した段階で終了する。薬液供給ノズルの移動開始点及び移動終了点には、薬液遮断機能 1 2 6 a, 1 2 6 b が設けられている。移動開始点の薬液遮断機能 1 2 6 a は、基板保持部 1 2 0 の回転数、ノズル駆動系 1 2 3 の移動速度、薬液供給ノズル 1 2 2 からの薬液吐出速度が塗布開始時に必要な所定の値になるまで、薬液供給ノズル 1 2 2 から吐出された薬液を遮断して、薬液が被処理基板 1 0 0 に到達するのを防ぐ。また、移動終了点の薬液遮断機能 1 2 6 b は、被処理基板 1 0 0 のエッジ部に薬液が供給されない様に、基板 1 0 0 エッジ部上空に待機し、薬液供給ノズル 1 2 2 が基板 1 0 0 のエッジに来たときに、ノズル 1 2 2 から吐出された薬液を遮断して薬液が被処理基板 1 0 0 に到達するのを防止する。

#### 【 0 0 3 3 】

薬液が被処理基板 1 0 0 上に供給される間、基板保持部 1 2 0 の回転数、ノズル駆動系 1 2 3 の移動速度、薬液供給ノズル 1 2 2 からの薬液吐出速度は各々、回転駆動制御部 1 2 8、ノズル駆動制御部 1 2 7、薬液供給ポンプ 1 2 5 により管理される。なお、これら 3 つの制御部 1 2 5, 1 2 7, 1 2 8 を統括するコントローラ 1 2 9 がその上流に配置されている。

#### 【 0 0 3 4 】

コントローラ 1 2 9 は、薬液供給ノズル 1 2 2 の基板上の位置情報に基づき、回転駆動制御部 1 2 8 の回転数、ノズル駆動速度、薬液吐出速度を決定し、回転駆動制御部 1 2 8、ノズル駆動制御部 1 2 7、薬液供給ポンプ 1 2 5 の各々に司令する。この司令に基づいて各々が動作することで被処理基板上には渦巻き状に薬液が供給される。被処理基板上に供給された薬液は広がり、隣接する液膜と結合して被処理基板上で一つの液膜 1 0 1 になる。

#### 【 0 0 3 5 】

液膜 1 0 1 が形成された後、該被処理基板 1 0 0 には液膜中にある溶剤を乾燥除去する工程が行われる。乾燥手法には、加熱、溶剤の飽和蒸気圧以下での減圧乾燥、表面に気流に接触させる手法などが用いられる。

#### 【 0 0 3 6 】

以下、この液膜形成手段を  $\phi 200\text{ mm}$  (8 インチ) の Si ウェハ (被処理基板) 上に膜厚  $400\text{ nm}$  の Ar F 感光性樹脂膜形成に適用した場合について説明する。感光性樹脂溶液には固形分量 1. 5 % のものを用いた。なお、Si ウェハ上には、Ar F 露光時に基板面からの反射光を相殺させる反射防止膜が以下と同様の手法で予め形成されている。

#### 【 0 0 3 7 】

まず、前述した感光性樹脂液が基板最外周 ( $\phi 194\text{ mm}$ ) で基板外に飛散しない回転数を別途求めた。停止状態から回転数を回転加速度  $1\text{ rpm/sec}$  で徐々に回転数を上げて、感光性樹脂液が基板外に飛散する回転数を求めた。感光性樹脂液は  $80\text{ rpm}$  で基板外に飛散した。この時の遠心力を超えないように基板外周での回転数  $w_0 = 60\text{ rpm}$  とし、処理時間に対する回転駆動制御部の回転数、ノズル駆動速度、薬液吐出速度をまず求めた。

#### 【 0 0 3 8 】

なお、本実施形態では渦巻き状の液膜形成位置が 1 周期毎に  $0.4\text{ mm}$  のピッチで基板外周に向け移動するようにした。また、基板中心からの距離  $r = 100\text{ mm}$  における薬液供給速度を  $v_0 = 0.4\text{ cc/min}$  とした。

#### 【 0 0 3 9 】

基板中心からの距離  $r$  における面積変化率は  $dS/dr = 2\pi r$  である。基板

中心からの距離  $r$  における面積変化率は、基板中心からの距離  $r$  に比例している  
ので、基板半径  $r_0$ （本実施形態の場合は  $100\text{ mm}$ ）と薬液供給量  $q_0$  との比と  
、基板中心からの距離  $r$ （ $\text{mm}$ ）と薬液供給量  $q$  との比とを等しくする必要がある。  
る。

【0040】

従って、基板中心からの距離  $r$  での薬液供給量  $q$  は、

$$q = q_0 r / r_0 \quad (1)$$

とする必要がある。

【0041】

また、基板中心からの距離  $r$  における薬液供給速度  $v$ （ $\text{cc/min}$ ）と回転  
数  $w$ （ $\text{rpm}$ ）と薬液供給量  $q$  との間には、

$$q = v / w \quad (2)$$

との関係が成立する。

【0042】

従って、（１），（２）式から

$$v / w = (v_0 / w_0) \times (r / r_0) \quad (3)$$

を満たすように基板中心からの距離  $r$  における薬液供給速度  $v$  と回転数  $w$  を定め  
れば良い。

【0043】

本実施形態では、薬液供給速度  $v$  と回転数  $w$  に同じ変化率を与えることとし、  
基板中心からの距離  $r$  においてそれぞれを

$$v = v_0 (r_0 / r)^{1/2} \quad (4)$$

$$w = w_0 (r_0 / r)^{1/2} \quad (5)$$

と定めた。

【0044】

また、この時の径  $r$  における微小単位面積にある液膜にかかる遠心力  $F$  は、液  
膜の度  $c$  を用いて、

【数 1】

$$\begin{aligned}
 F &= m r w^2 \\
 &= c \frac{q_0 r / r_0}{2 \pi r} r w^2 \\
 &= c \frac{q_0}{2 \pi r_0} r w^2
 \end{aligned}$$

と表される。

【0 0 4 5】

遠心力  $F$  が一定となるためには、定数  $C$  を用いて、

$$w = C / r^{1/2}$$

とする必要がある。

【0 0 4 6】

この式を (5) 式と比較すると、 $C$  は (5) の定数項と見なせる。従って、径  $r$  において、(4), (5) 式を満たすように操作させれば、任意の径  $r$  に位置する液膜にかかる遠心力を一定に保ちつつ、液膜の塗布が可能となる。

【0 0 4 7】

以上から定めた処理時間に対するノズル位置 (中心を 0 とした)、回転駆動制御部の回転数、ノズル駆動速度、薬液吐出速度をそれぞれ図 3 (a), (b) (c) に示す。これらの関係を予めコントローラに (その下流の各制御部に対して行っても良い) 記憶させ、感光性樹脂液の被処理基板への塗布を開始した。以後、図 4 に示すように、薬液供給時のノズル移動方向と同じ向きの移動を + 軸、その反対の移動を - 軸として説明する。

【0 0 4 8】

予め、薬液供給ノズル 1 2 2 を被処理基板中心から - 1 mm の位置に移動させる。また、薬液遮断機能 1 2 6 a を + 0. 2 mm 以下の領域に来るよう調整した。薬液遮断機能 1 2 6 a は、ノズル 1 2 2 が + 0. 2 mm 以下の位置にある場合、ノズル 1 2 2 から滴下される感光性樹脂溶液が基板表面に到達しないように遮断する。

【0 0 4 9】

次いで、駆動系 1 2 1 により基板保持部 1 2 0 を駆動し、被処理基板 1 0 0 の回転を開始して、回転数が 1 3 4 1 . 6 r p m となるよう制御し、薬液供給ノズルから感光性樹脂溶液の吐出が 0 . 0 1 8 c c / m i n となるように感光性樹脂溶液の滴下量を調整した。回転数、供給速度が安定した後、薬液供給ノズルを + 側に 3 1 m m / s e c で移動を開始させた。ノズル吐出口の中心が + 0 . 2 m m 以下の位置では基板回転、ノズル移動、薬液供給速度の各々を等速で動作させたが、+ 0 . 2 m m に達した時点から図 3 ( a ) ~ ( c ) の関係に従い回転駆動制御部、ノズル駆動制御部、薬液供給ポンプの制御を行った。図 3 ( a ) ~ ( c ) に示すように、基板の略中心から外周に向けた薬液供給ノズルの移動に伴い、基板の回転数  $w$  を低下させると共に、薬液供給ノズルからの感光性樹脂溶液の供給速度  $v$  を増加させている。図 3 ( a ) ~ ( c ) に示す回転数では、遠心力により感光性樹脂溶液が移動することがないので、感光性樹脂溶液が基板の外周に飛散することがない。なお、ここで、“遠心力により感光性樹脂溶液が移動することがない” というのは、感光性樹脂溶液が流動性により広がって移動することを除かれている。

#### 【 0 0 5 0 】

薬液供給ノズルが基板エッジ部の薬液遮断機能の上空に来た段階で薬液供給手段からの薬液供給の停止、薬液供給ノズルの停止、被処理基板の回転の停止をそれぞれ行い、液膜形成を終了した。2 0 0 m m ウェハ 1 枚を処理するのに 1 5 0 秒程度を有した。処理中に渦巻き状に形成された液膜が広がり、隣接する液膜と結合することでエッジ部を除く基板全面を覆う液膜となった。なお処理中に感光性樹脂溶液が基板から外に放出されることはなかった。

#### 【 0 0 5 1 】

次に、基板をチャンバに入れて、感光性樹脂溶液中の溶剤の蒸気圧にほぼ一致する圧力下に基板を晒して溶剤を徐々に除去し、感光性樹脂膜を形成した。

#### 【 0 0 5 2 】

本発明によれば、滴下部からの前記薬液の供給速度  $v$  を増加させつつ、滴下された液膜にかかる遠心力により該液膜が移動しないように、被処理基板の回転数  $w$  を低下させることによって、中心部付近及び外周部において液膜が移動せず、

被処理基板の中心部で液膜が形成されない領域が生じさせることなく、均一な液膜を形成することができる。

#### 【0053】

また、本発明では塗布開始直前と塗布終了直後で僅かに薬液を捨てる以外は基板上に薬液をとどめるため、廃棄量を1%以内にする事ができる。

#### 【0054】

本実施形態では、感光性樹脂溶液から感光性樹脂液膜を経て感光性樹脂膜を形成する工程を示したが、本発明の用途はこれに限るものでなく、低誘電体膜材料を含む溶液（例えば有機シロキサンなどの溶液）からの低誘電体膜の形成、強誘電体膜材料を含む溶液からの強誘電体膜に用いることができる。

#### 【0055】

また、基板最外周における回転数 $w_0$ も60rpmに定めるものではなく、微量薬液が基板外に移動しなければ如何なる値でも良い（本実施形態の場合80rpm以下が良い）。また渦巻き状液膜形成位置の1周期毎の間隔と、 $r=100$ mmにおける薬液供給速度 $v_0$ は、所望の膜厚及び均一性に応じて変えても良い。

#### 【0056】

図1では薬液遮断機能を開始と終了部で計2つ持たせているが、1つの薬液遮断機能を使いまわしても良い。この場合、最初基板中心付近で開始前の薬液を遮断していた薬液遮断機能を、ノズルより先に基板エッジ部まで移動させて待機させればよい。

#### 【0057】

##### 〔第2の実施形態〕

本実施形態では、成膜速度の改善を図った手法について説明する。

本実施形態では、成膜速度の改善を図るために、図5に示すように、仕切り板703で分けられた、第1及び第2の薬液槽701、702にそれぞれ第1及び第2の薬液吐出口704、705が設けられたノズルを用いた。第1及び第2の薬液吐出口704、705は、径方向に配列されている。第1及び第2の薬液槽701、702は、それぞれ第1及び第2の薬液供給管706、707から薬液

が供給されている。第 1 及び第 2 の薬液供給管 7 0 6, 7 0 7 は、それぞれ別の薬液供給ポンプに接続されている。それぞれの薬液供給ポンプの圧力を独立に制御することによって、二つの薬液吐出口 7 0 4, 7 0 5 からの薬液吐出速度を独立に制御することができる。なお、装置全体の構成は、図 1 に示した装置と同様なので、図示及び構成の説明を省略する。

#### 【 0 0 5 8 】

本実施形態では、なお、本実施形態では、低誘電体材料を含む溶液の成膜に対して本発明を適用した。低誘電体材料としてポリシロキサンを含むものを用い、膜厚 1 0 0 0 n m の層間絶縁膜の形成を目的とした。なお、薬液中の固形分量は 5 % とした。

ここで用いる低誘電体材料を含む溶液が基板最外周 ( $\phi 194\text{ mm}$ ) で基板外に飛散しない回転数を第 1 の実施形態と同様な手法で別途求めたところ、99 r p m であった。この時の遠心力を超えないように、基板外周での回転数  $w_0 = 90\text{ r p m}$  とし、各位置の処理時間における回転駆動制御部の回転数、ノズル駆動速度、薬液吐出速度をまず求めた。本実施形態では、図 6 に示すように、渦巻き状の液膜形成位置が 1 周期毎に 0.8 mm のピッチで基板外周に向けて移動するようにした。

#### 【 0 0 5 9 】

また、300 mm ウェハの最外周部で低誘電体材料を含む溶液が基板外に飛散しない回転数を求めたところ、82 r p m であった。物質にかかる遠心力は、質量、回転中心からの距離、回転数の 2 乗、に比例する。回転中心からの距離が 100 mm で回転数が 100 r p m の時に液膜かかる遠心力に対して、回転中心からの距離  $r$  (mm) における遠心力を等しくするためには、回転数を  $(1000000 / r)^{1/2}$  にする必要がある。従って、基板が半径が  $R$  (mm) の円形状基板の場合には、前記滴下部が該基板の最外径部で液体を滴下している状態における該基板の回転数が、 $1000000 / R$  の平方根で定められる値未満にすれば、薬液の供給時に、遠心力によって液膜が移動することがない。

#### 【 0 0 6 0 】

処理時間に対するノズル位置 (中心を 0 とした)、回転駆動制御部の回転数、

ノズル駆動速度、薬液吐出速度をそれぞれ図 7 (a), (b), (c) に示す。図 7 (a) において、二つの薬液吐出口の中心位置を示している。図 7 (c) において、このスケールでは、二つの薬液吐出口からの供給速度の差が分からない。そこで、0~5 秒における二つの薬液吐出口からの供給速度を図 8 に示す。

## 【 0 0 6 1 】

これらの関係を予めコントローラに（その下流の各制御部に対して行っても良い）記憶させて低誘電体材料を含む溶液の被処理基板への塗布を開始した。以後、薬液供給時の薬液供給ノズルの移動と同じ方向の移動を + 軸、その反対の移動を一軸として説明する。

## 【 0 0 6 2 】

予め、ノズルを被処理基板中心より - 1 mm の位置に移動させた。また、ノズル直下に薬液遮断機能がくるように調整した。薬液遮断機能はノズルから吐出される薬液を遮断する。

## 【 0 0 6 3 】

次いで、被処理基板の回転を開始して、回転数が 2 0 1 2 r p m となるように制御した。更にノズルから 0 . 0 3 0 c c / m i n となるように滴下速度を調整した。回転数、供給速度が安定した後、薬液供給ノズルと薬液遮断機能を + 側に 2 4 3 m m / s e c で移動を開始した。ノズル吐出口の中心が + 0 . 2 m m の位置に来るまでは各々等速で運動をさせたが、+ 0 . 2 m m を通過した時点で図 7 (a) ~ (c), 図 8 の関係に従い回転駆動制御部（減速）、ノズル駆動制御部（減速）、薬液供給ポンプ（加速）の制御を開始した。なお、薬液遮断機能はそのまま等速で移動させたので、+ 0 . 2 m m 以降の領域で、薬液供給ノズルの直下から薬液遮断機能は移動し、薬液供給ノズルから被処理基板に対して薬液の供給が開始された。なお、薬液遮断機能を基板エッジ部で停止させ、薬液供給ノズルが到達するまで待機させた。薬液供給ノズルが基板エッジ部で待機していた薬液遮断機能の上空に来た段階で、薬液供給手段からの薬液供給の停止、薬液供給ノズルの停止、被処理基板の回転の停止をそれぞれ行い、液膜形成を終了した。2 0 0 m m ウェハ 1 枚を処理するのに 5 3 秒程度を有した。なお、薬液を供給する間に薬液が基板外に放出することはなかった。処理中に渦巻き状に形成された液

膜は広がり、隣接する液膜と結合することでエッジ部を除く基板全面を覆う液膜となった。

【0064】

次いで、この基板をチャンバに入れて薬液の溶剤の蒸気圧にほぼ一致する圧力下に晒し、溶剤を徐々に除去して層間絶縁膜を形成した。

【0065】

従来のように基板を跨ぐよう直線状にノズルを往復移動させて液膜を形成する場合には、折り返し毎に助走区間が必要だったため被処理基板に供給する液量に対して廃棄率（基板外放出量／基板内供給量）10～20%の薬液を基板外に放出していた。しかし、本発明では塗布開始直前と塗布終了直後で僅かに薬液を捨てるだけなので、廃棄量を1%以内にすることができた。

【0066】

本実施形態は低誘電体材料を含む溶液から低誘電体液膜を経て層間絶縁膜を形成する工程を示したが、本発明の用途はこれに限るものでなく、レジスト膜、反射防止膜の形成や、強誘電体膜材料を含む溶液からの強誘電体膜に用いることができる。

【0067】

また、基板最外周における回転数 $w_0$ も90rpmに定めるものではなく、微少薬液が基板外に移動しなければ如何なる値でも良い（本実施形態の場合95rpm以下）。また、渦巻き状液膜形成位置の1周期毎の間隔と、 $r = 100\text{mm}$ における薬液供給速度 $v_0$ は、所望の膜厚及び均一性に応じて変えても良い。

【0068】

また、本実施形態では薬液供給ノズルとして2つの吐出口に対して独立に供給速度を制御できるものを用いたが、これに限るものではない。図9に示すように2つの吐出口に同時に同じ供給速度を与えるものを用いても良い。この場合、供給速度の設定は、図7(c)，図8に示す特性図において、第1の薬液吐出口と第2の薬液吐出口とからの溶液供給速度の平均値を与えると良い。この速度で液膜の形成を行い、乾燥時に液膜に振動を与え平均化させることで均一な膜厚を得ることができる。

## 【 0 0 6 9 】

本実施形態では2つの吐出口を持つノズルを用いたがこれに限るものではなく、3つ以上の吐出口を持つノズルを用いることも可能である。

## 【 0 0 7 0 】

なお、本発明は、上記実施形態に限定されるものではない。例えば、本発明はリソグラフィ工程で用いられる反射防止剤、レジスト剤の塗布をはじめ、低誘電体材、強誘電体材の塗布など半導体プロセスは勿論、メッキなど装飾プロセスとしてあらゆる成膜工程に適用可能である。

## 【 0 0 7 1 】

その他、本発明は、その要旨を逸脱しない範囲で、種々変形して実施することが可能である。

## 【 0 0 7 2 】

## 〔第3の実施形態〕

本実施形態は、第1の実施形態で図1を用いて説明した成膜装置と同じものを用いて、コンピュータの記録媒体に用いられるコンパクトディスク記録媒体（CD-R）の光吸収反応膜を形成する手法に関する。

## 【 0 0 7 3 】

被処理基板は直径12cmで、中心から $\phi 40\text{mm}$ 以内の領域（半径 $r = 0$ から20mm）は、保持領域として確保され、この領域には膜が形成されない。この基板に対して半径 $r = 20\text{mm}$ から $r = 60\text{mm}$ の領域に対して、本発明の手法により光吸収反応膜の塗布を行った。

## 【 0 0 7 4 】

薬液供給ノズル、被処理基板回転数、薬液吐出速度についてはそれぞれ図10（a）～（c）に示す関係に基づいて制御した。これらの関係は、予めコントローラに（その下流の各制御部に対して行っても良い）記憶させておいて、感光性樹脂液の被処理基板への塗布を開始した。以後、薬液供給時のノズル移動方向と同じ向きの移動を+軸、その反対の移動を-軸として説明する。

## 【 0 0 7 5 】

予め薬液供給ノズル122を被処理基板100中心から+18mmの位置に移

動させた。また、薬液遮断機能 1 2 6 a を + 2 0 m m 以下の領域に来るよう調整した。薬液遮断機能 1 2 6 a は、薬液供給ノズル 1 2 2 が + 2 0 m m 以下の位置にある場合、薬液供給ノズル 1 2 2 から滴下された薬液を被処理基板 1 0 0 表面に到達しないように遮断する。

#### 【 0 0 7 6 】

次いで、基板保持部 1 2 0 を駆動し、被処理基板 1 0 0 の回転を開始して 1 3 3 . 5 r p m となるよう制御し、薬液供給ノズル 1 2 2 から感光性樹脂溶液の吐出量が 0 . 0 0 3 c c / m i n となるように滴下量を調整した。被処理基板回転数、薬液供給速度が安定した後、薬液供給ノズル 1 2 2 を + 側に移動を開始させた。ノズル吐出口の中心が + 2 0 m m 以下の位置では基板回転、ノズル移動、薬液供給速度の各々を等速で動作させた。この間に吐出された薬液は薬液供給ノズル 1 2 2 と被処理基板 1 0 0 との間に配置した薬液遮断機能 1 2 6 a を挿入することで基板表面に到達しないようにした。

#### 【 0 0 7 7 】

ノズル吐出口の中心が + 2 0 m m に達した時点から、図 1 0 ( a ) ~ ( c ) に示した関係に従い、回転駆動制御部 1 2 8 、ノズル駆動制御部 1 2 7 、薬液供給ポンプ 1 2 5 の制御を行った。薬液供給ノズル 1 2 2 が基板 1 0 0 エッジ部の薬液遮断機能 1 2 6 b の上空に来た段階で、薬液供給ポンプ 1 2 5 の停止、薬液供給ノズル 1 2 2 の停止、被処理基板 1 0 0 の回転の停止をそれぞれ行い、液膜形成を終了した。

#### 【 0 0 7 8 】

C D - R 1 枚に薬液を塗布するのに 6 2 秒程度を有した。処理中に螺旋状に形成された液膜は広がり、隣接する液膜と結合することでエッジ部を除く基板全面を覆う液膜となった。なお処理中に薬液が基板から外に放出されることはなかった。

#### 【 0 0 7 9 】

次に被処理基板をチャンバに入れて、薬液の溶剤の蒸気圧にほぼ一致する圧力下に基板を晒して溶剤を徐々に除去し、感光性樹脂膜を形成した。

#### 【 0 0 8 0 】

本実施形態ではCD-Rの感光性樹脂膜を形成する工程を示したが、本発明の用途はこれに限るものでなく、ミニディスク（MD）、デジタルビデオディスク（DVD）-RAM、CD原版などあらゆるドーナツ状基板への塗布に適用可能である。また、塗布材も感光性樹脂膜に限るものでなく、磁性体、金属を含む薬液の塗布にも適用できる。また、プロセス時間に対するノズル移動速度、基板回転数、薬液吐出量は図10の関係に限るものでなく、式（1）から（5）を満たすように設定すればいかなるのもでも良い。なお、式（1）から（5）のうち定数として用いている100、 $v_0$ 、 $w_0$ はそれぞれ被処理基板中心を原点としたときの径方向の特定位置、被処理基板中心を原点としたときの径方向の特定位置での薬液供給速度、被処理基板中心を原点としたときの径方向の特定位置での被処理基板回転数を用いて表すことができる。

## 【0081】

また、基板最外周（ $r = 60\text{ mm}$ ）における回転数 $w_0$ も78rpmに定めるものではなく、微少薬液が基板外に移動しなければ如何なる値でも良い（本実施形態の場合100rpm以下が良い）。また螺旋状液膜形成位置の1周期毎の間隔と、 $r = 60\text{ mm}$ における薬液供給速度 $v_0$ は、所望の膜厚及び均一性に応じて変えても良い。

## 【0082】

## [第4の実施形態]

図11は、本発明の第4の実施形態に係わる成膜装置の概略構成を示す図である。図11において、図1と同一な部位には同一符号を付し、その説明を省略する。

## 【0083】

被処理基板100は基板保持部120上に配置される。基板保持部120は基板中心で回転する駆動系121を具備し、これらが更に紙面前後に移動できる基板保持部並進部130に搭載されている。

## 【0084】

また、被処理基板100上空には、例えば図2に示すような薬液供給ノズル122が配置されている。薬液供給ノズルからの薬液吐出の制御は、ノズル上流に

ある薬液供給ポンプの圧力を制御して行った。薬液供給ノズルは紙面左右方向に往復移動できるノズル移動機能に搭載されている。また、薬液供給ノズルと被処理基板の間には薬液供給ノズルの移動と同じ方向に移動できる薬液遮断機能 1 2 6 が設けられている。

#### 【 0 0 8 5 】

説明をわかりやすくするため、以下では被処理基板 1 0 0 の直径を含む基板保持部 1 2 0 の並進駆動方向を X 軸とし、それと直交する薬液供給ノズル 1 2 2 を駆動した際の吐出口の軌跡を Y 軸とする。また、X 軸と Y 軸の交点を装置基準点、円形の被処理基板の中心を基板原点と以下呼ぶことにする。また、装置基準点を X Y 座標系の原点 ( 0 , 0 ) とし、位置の単位は mm で表す。

#### 【 0 0 8 6 】

本実施形態では、図 1 2 に示すように、 $\phi 30\text{ mm}$  以内の線状塗布領域 1 2 0 1 をノズル移動機能でノズルを往復運動させながら、ノズルの折り返し点で基板保持部並進部 1 3 0 を動作させて、被処理基板上へ平行線状に薬液を供給したのち、 $\phi 30\text{ mm}$  より外側の螺旋状塗布領域 1 2 0 2 で駆動系 1 2 1 を動作させて被処理基板 1 0 0 上へ螺旋状に薬液を供給し、供給された薬液の流動性を利用して液膜を形成する手法について記す。

#### 【 0 0 8 7 】

基板搬送アームにより被処理基板 1 0 0 を基板保持部 1 2 0 上に輸送して保持した。ここでは被処理基板 1 0 0 として半導体製造工程途中の S i ウエハーで、基板表面が平坦化されたものを用いた。

#### 【 0 0 8 8 】

まず基板保持部 1 2 0 の並進駆動系 1 3 0 を操作し、基板原点が装置基準点に対して ( 1 5 , 0 ) にくるようにした。次いで、薬液供給ノズル 1 2 2 と被処理基板 1 0 0 の間に薬液遮断機能 1 2 6 が配置された状態で、薬液供給ポンプ 1 2 5 を動作させて、薬液供給ノズル 1 2 2 から薬液の吐出を開始した。吐出速度が  $0.0026\text{ cc/sec}$  となるように、薬液供給ポンプ 1 2 5 の圧力を制御し、薬液の吐出が安定した段階で、薬液供給ノズル 1 2 2 の Y 軸に沿った往復移動を開始した。この時、薬液供給ノズル 1 2 2 と被処理基板 1 0 0 の間に設けられ

た薬液遮断機能 1 2 6 は薬液が基板原点に対して  $\phi 29.5 \text{ mm}$  より外側に薬液が供給されないよう、薬液供給ノズル 1 2 2 の動作にあわせて移動させた。

#### 【0089】

なおこの時、薬液供給ノズル 1 2 2 は、基板原点から  $\phi 29.5 \text{ mm}$  の範囲では  $36.6 \text{ cm/sec}$  の等速移動を行い、 $\phi 29.5 \text{ mm}$  の外側で  $150 \text{ m/sec}^2$  の減速を行い停止させ、直ちに反対方向に  $150 \text{ m/sec}^2$  の加速度を与えて、再度  $\phi 29.5 \text{ mm}$  の領域に到達するまでに  $36.6 \text{ cm/sec}$  になるよう制御した。基板保持部並進部 1 3 0 は、薬液供給ノズル 1 2 2 が  $\phi 29.5 \text{ mm}$  より外側にいるあいだに  $(-0.4, 0)$  だけ移動させるようにした。

#### 【0090】

これらの操作を続け、基板原点が  $(-15, 0)$  に達した段階で、図 1 3 に示すように、折り返し領域 1 3 0 1 の内側の線状塗布領域 1 2 0 1 で線状の塗布膜を形成することができた。その後、薬液供給ノズルと被処理基板の間には薬液遮断機能 1 2 6 が入り、一時的に薬液の供給の遮断が行われる。

#### 【0091】

次いで被処理基板は、基板原点が  $(-15, 0)$  に位置した状態で、線状塗布領域における吐出速度  $(0.0026 \text{ cc/sec})$  に略保った状態で、基板原点を中心とした回転動作に入る。回転数が  $160 \text{ rpm}$  になった段階で、薬液遮断機能 1 2 6 が除かれ、同時に図 1 7 (a) ~ (c) に示す関係に基づいた動作を開始する。ここでプロセス時間は螺旋状の塗布動作を開始した時間を 0 とした。螺旋塗布領域 1 2 0 2 においては、図 1 4 に示すような軌跡により塗布膜を形成できた。なお、図 1 3 及び図 1 4 では、軌跡を判りやすくするため本実施形態でもちいたピッチ・線より広げて表現している。最終的に被処理基板 1 0 0 上に塗布された薬液の軌跡を図 1 5 に示す（ピッチ・線は実際より広げて表現）。

#### 【0092】

線状塗布領域における吐出速度と、螺旋状塗布領域における最初の吐出速度とを略等しくすることによって、吐出速度を変更する手間が無くなる。また、吐出速度を変更させると、吐出速度が安定するまでに吐出される薬液が無駄になるが、吐出速度を略等しくすることによって、薬液が無駄になることがない。

## 【 0 0 9 3 】

これらの操作により、 $\phi 200\text{ mm}$ の全面に液膜を形成することができた。なお、線状に供給した液膜は、流動性によりプロセス中において隣接する液膜と接続し、エッジ部を除く基板全面を覆う液膜となった。なお処理中に薬液が基板から外に放出されることはなかった。

## 【 0 0 9 4 】

次に表面に液膜が形成された被処理基板 100 をチャンバに入れて、薬液の溶剤の蒸気圧にほぼ一致する圧力下に基板を晒して溶剤を徐々に除去し、感光性樹脂膜を形成した。

## 【 0 0 9 5 】

従来のように基板を跨ぐように直線状にノズルを往復移動のみ行い液膜を形成する場合には、折り返しの毎に助走区間が必要であり被処理基板に供給する液量に対して廃棄率（基板外放出量／基板内供給量）10～20%の薬液を基板外に放出していた。しかし、本発明では塗布開始直前と塗布終了直後で僅かに薬液を捨てる以外は基板上に薬液をとどめるため、廃棄量を1%以内にする 것이できた。また、螺旋のみで行った場合中心部で僅かに生じていた膜厚異常についても改善することができた。

## 【 0 0 9 6 】

本実施形態は感光性樹脂溶液から感光性樹脂液膜を経て感光性樹脂膜を形成する工程を示したが、本発明の用途はこれに限るものでなく、低誘電体膜材料を含む溶液（例えば有機シロキサンなどの溶液）からの低誘電体膜の形成、強誘電体膜材料を含む溶液からの強誘電体膜に用いることができる。

## 【 0 0 9 7 】

また、基板最外周における回転数 $w_0$ も60 rpmに定めるものではなく、微少薬液が基板外に移動しなければ如何なる値でも良い（本実施形態の場合80 rpm以下が良い）。また螺旋状液膜形成位置の1周期毎の間隔と、 $r = 100\text{ mm}$ における薬液供給速度 $v_0$ （想定値）は、所望の膜厚、均一性に応じ変えても良い。

また、薬液が被処理基板外に飛び出さなければ塗布順序を

a) 外側より螺旋状に内側に向けて塗布したのち、中央の平行線状の塗布を行う。

b) 内側より螺旋状に外側に向けて塗布したのち、中央の平行線状の塗布を行う。

c) 中央の平行線状の塗布を行ったのち、外側より螺旋状に内側に向けて塗布する。

のように変えても良い。

#### 【0098】

また、中央の平行線状塗布の代わりに点状に薬液を供給しても良い。この場合  $\phi 29.5\text{mm}$  以内の領域に形成する天井の薬液の総体積が、線状に供給した場合と同じであり、最終的に結合して得られる液膜の厚さばらつきが小さければ、滴下量、滴下位置を適当に設定して良い。図16は、被処理基板の中心を含む点状塗布領域1601、で薬液を点状に滴下したときの場合を示しており（点と線のピッチ、幅は実際のものより広げて表現している）、このように滴下された薬液は被処理基板上で広がり、重なることで一つの液膜になる。

#### 【0099】

このとき、ポンプの動作をON/OFFして点状に薬液を滴下するのではなく、液体を連続的に滴下しつつ、適される液体の一部を薬液遮断機能126により遮断して、薬液を点状に滴下することが好ましい。点状の滴下を薬液を遮断して行う方が、ポンプのON/OFF動作によるものと比べて、滴下量の制御性がより向上する。

#### 【0100】

また、螺旋塗布領域の境界を本実施形態では  $\phi 29.5\text{mm}$  としたが、これに限るものではない。薬液供給ポンプ、回転機能、薬液供給ノズル移動機能の性能に応じて変更しても良い。しかし、薬液廃棄量を少なくするには境界をなるべく基板中心に近づけるのが好ましい。

#### 【0101】

#### 〔第5の実施形態〕

本実施形態は、第4の実施形態において、薬液供給ポンプの性能に限界が生じ

た場合のパラメータ変更法に関する。ここでは薬液供給の制御パラメータとしてポンプ圧力を用いている。また、ノズルは1回転あたり0.8mm移動するようにした。このポンプの圧力制御の下限が $1\text{ kg W/cm}^2$ であった。プロセス時間7.5秒以下では圧力が $1\text{ kg W/cm}^2$ 以下になり制御不能になることが予想された。そこで、プロセス時間7.5秒以下の部分で吐出圧力を $1\text{ kg W/cm}^2$ で一定とし、単位面積あたりの供給量が一定になるよう、回転数で制御を行うようにした。この条件に基づき決定された、プロセス時間に対する、基板回転数、基板中心からのノズル位置、及び吐出量を、それぞれ図18(a)～(c)に示す。

#### 【0102】

まず、基板保持部材の並進駆動系を操作し、基板原点が装置基準点に対して(15, 0)にくるようにした。次いで薬液供給ノズルと被処理基板の間に薬液遮断機能126を配置して薬液供給ノズルから薬液の吐出を開始した。吐出圧力が $1\text{ kg f}$ となるように、ポンプの圧力を制御し、吐出が安定した段階で薬液供給ノズルのY軸に沿った往復移動を開始した。この時、薬液供給ノズルと被処理基板の間に設けられた薬液遮断機能126は薬液が基板原点に対して $\phi 29.5\text{ mm}$ より外側に薬液が供給されないよう、薬液供給ノズルの動作にあわせて移動させた。なお、この時薬液供給ノズルは基板原点から $\phi 29.5\text{ mm}$ の範囲では $19.7\text{ cm/sec}$ の等速移動を行い、 $\phi 29.5\text{ mm}$ の外側で $150\text{ m/sec}^2$ の減速を行い停止させ、直ちに反対方向に $150\text{ m/sec}^2$ の加速度を与えて、再度 $\phi 29.5\text{ mm}$ の領域に到達するまでに $19.7\text{ cm/sec}$ になるよう制御した。基板保持部並進機能は薬液供給ノズルが $\phi 29.5\text{ mm}$ より外側にいるあいだに(-0.4, 0)だけ移動させるようにした。これらの操作を続け、基板原点が(-15, 0)に達した段階で図13に示すように $\phi 30\text{ mm}$ の領域を示す点線の内部の領域で線状の塗布膜を形成することができた。この時、薬液供給ノズルと被処理基板の間には薬液遮断機能126が入り、一時的に薬液の遮断が行われる。

#### 【0103】

次いで被処理基板は、基板原点が(-15, 0)に位置した状態で、基板原点

を中心とした回転動作に入る。回転数が 1 5 5 r p m になった段階で、薬液遮断機能 1 2 6 が除かれ、同時に図 1 8 の ( a ) ~ ( c ) に示す関係に基づいた動作を開始する。ここでプロセス時間は螺旋状の塗布動作を開始した時間を 0 とした。最初の 7. 5 秒の間は薬液供給ノズルの圧力は一定としている。この間、回転数は大きく変化させた。7. 5 秒以後は薬液供給ノズルの圧力、回転数を共に制御して成膜を行った。これらの操作により  $\phi 200$  mm の全面に液膜を供給できた。なお、線状に供給した液膜は流動性によりプロセス中において隣接する液膜と接続し、エッジ部を除く基板全面を覆う液膜となった。なお処理中に薬液が基板から外に放出されることはなかった。

## 【 0 1 0 4 】

次に基板をチャンバに入れて、薬液の溶剤の蒸気圧にほぼ一致する圧力下に基板を晒して溶剤を徐々に除去し、感光性樹脂膜を形成した。

## 【 0 1 0 5 】

本実施形態では、薬液供給ポンプ制御に限界があり、回転数制御に余裕がある場合のレシピ変更に関するものであるが、回転数制御に限界があり薬液供給ポンプ制御に余裕がある場合についても限界領域で回転数を一定にして、吐出圧の変化量を式 ( 1 ) ~ ( 5 ) に基づいて設定すれば良い。また、薬液供給ポンプ制御と回転数制御の限界を考慮し、制御の負荷配分を任意の  $a$  を用いて ( 6 ) 、 ( 7 ) のように変更して良い。

## 【 0 1 0 6 】

$$V = v_0 \times a / (R / r)^{1/2} \quad (6)$$

$$W = W_0 / a \times (R / r)^{1/2} \quad (7)$$

ここで  $v_0$ 、 $W_0$  はそれぞれ径  $R$  mm での薬液供給速度と回転数である。なお、

( 6 ) 式は圧力制御で行う場合、薬液供給ポンプの径  $R$  mm での薬液吐出圧力  $P_0$  に対して径  $r$  では

$$P = \{ P_0 \times a / (R / r)^{1/2} \}^2$$

として定めれば良い。

## 【 0 1 0 7 】

従来のように基板を跨ぐように直線状にノズルを往復移動のみ行い液膜を形成

する場合には、折り返しの毎に助走区間が必要であり被処理基板に供給する液量に対して廃棄率（基板外放出量／基板内供給量）10～20%の薬液を基板外に放出していた。しかし、本発明では塗布開始直前と塗布終了直後で僅かに薬液を捨てる以外は基板上に薬液をとどめるため、廃棄量を1%以内にする 것이できた。また、螺旋のみで行った場合中心部で僅かに生じていた膜厚異常についても改善することができた。

## 【0108】

本実施形態は感光性樹脂溶液から感光性樹脂液膜を経て感光性樹脂膜を形成する工程を示したが、本発明の用途はこれに限るものでなく、低誘電体膜材料を含む溶液（例えば有機シロキサンなどの溶液）からの低誘電体膜の形成、強誘電体膜材料を含む溶液からの強誘電体膜に用いることができる。

## 【0109】

また、基板最外周における回転数 $w_0$ も60rpmに定めるものではなく、微少薬液が基板外に移動しなければ如何なる値でも良い（本実施形態の場合80rpm以下が良い）。また螺旋状液膜形成位置の1周期毎の間隔と、 $r = 100\text{ m}$ における薬液供給速度 $v_0$ は、所望の膜厚及び均一性に応じて変えても良い。

また、薬液が被処理基板外に飛び出さなければ塗布順序を

a) 外側より螺旋状に内側に向けて塗布したのち、中央の平行線状の塗布を行う。

## 【0110】

b) 内側より螺旋状に外側に向けて塗布したのち、中央の平行線状の塗布を行う。

## 【0111】

c) 中央の平行線状の塗布を行ったのち、外側より螺旋状に内側に向けて塗布する。

## 【0112】

のように変えても良い。

## 【0113】

また、中央の平行線状塗布の代わりに点状に薬液を供給しても良い。この場合  $\phi 29.5\text{ mm}$  以内の領域に形成する天井の薬液の総体積が、線状に供給したものと同じであり、最終的に結合して得られる液膜の厚さばらつきが小さければ、滴下量、滴下位置を適当に設定して良い。

#### 【0 1 1 4】

また、螺旋塗布領域の境界を本実施形態では  $\phi 29.5\text{ mm}$  としたが、これに限るものではない。薬液供給ポンプ、回転機能、薬液供給ノズル移動機能の性能に応じて変更しても良い。しかし、薬液廃棄量を少なくするには境界をなるべく基板中心に近づけるのが好ましい。

#### 【0 1 1 5】

##### 【発明の効果】

以上説明したように本発明によれば、滴下部からの前記薬液の供給速度  $v$  を増加させつつ、滴下された液膜にかかる遠心力により該液膜が移動しないように、被処理基板の回転数  $w$  を低下させることによって、中心部付近及び外周部において液膜が移動せず、被処理基板の中心部で液膜が形成されない領域が生じさせることなく、均一な液膜を形成することができる。

##### 【図面の簡単な説明】

#### 【図 1】

第 1 の実施形態に係わる成膜装置の概略構成を示す構成図。

#### 【図 2】

図 1 に示す成膜装置を構成する薬液供給ノズルの概略構成を示す構成図。

#### 【図 3】

第 1 の実施形態に係わる、プロセス時間に対する被処理基板の回転数、ノズル位置、薬液の吐出量を示す特性図。

#### 【図 4】

薬液供給時のノズル移動方向を示す平面図。

#### 【図 5】

第 2 の実施形態に関わる薬液供給ノズルの概略構成を示す構成図。

#### 【図 6】

図 5 に示す薬液供給ノズルが移動する様子を示す平面図。

【図 7】

第 2 の実施形態に係わる、プロセス時間に対する被処理基板の回転数、ノズル位置、薬液の吐出量を示す特性図。

【図 8】

プロセス時間に対する薬液の吐出量を示す特性図。

【図 9】

薬液供給ノズルの変形例を示す構成図。

【図 1 0】

第 3 実施形態に係わる、プロセス時間に対する被処理基板の回転数、ノズル位置、薬液の吐出量を示す特性図。

【図 1 1】

第 4 の実施形態に係わる、成膜装置の概略構成を示す構成図。

【図 1 2】

第 4 の実施形態に係わる、被処理基板の線状塗布領域と螺旋状塗布領域とを示す図。

【図 1 3】

第 4 の実施形態に係わる線状塗布領域での薬液供給ノズルの移動の軌跡を示す図。

【図 1 4】

第 4 の実施形態に係わる、螺旋塗布領域での薬液供給ノズルの移動の軌跡を示す図。

【図 1 5】

第 4 の実施形態に係わる、被処理基板上での薬液供給ノズルの移動の軌跡を示す図。

【図 1 6】

被処理基板の中心を含む領域に点状に薬液を滴下して液膜を形成した場合の、薬液供給ノズルから滴下された薬液の軌跡を示す図。

【図 1 7】



第 4 の実施形態に係わる、プロセス時間に対する被処理基板の回転数，ノズル位置，薬液の吐出量を示す特性図。

【図 1 8】

第 5 の実施形態に係わる、プロセス時間に対する被処理基板の回転数，ノズル位置，薬液の吐出量を示す特性図。

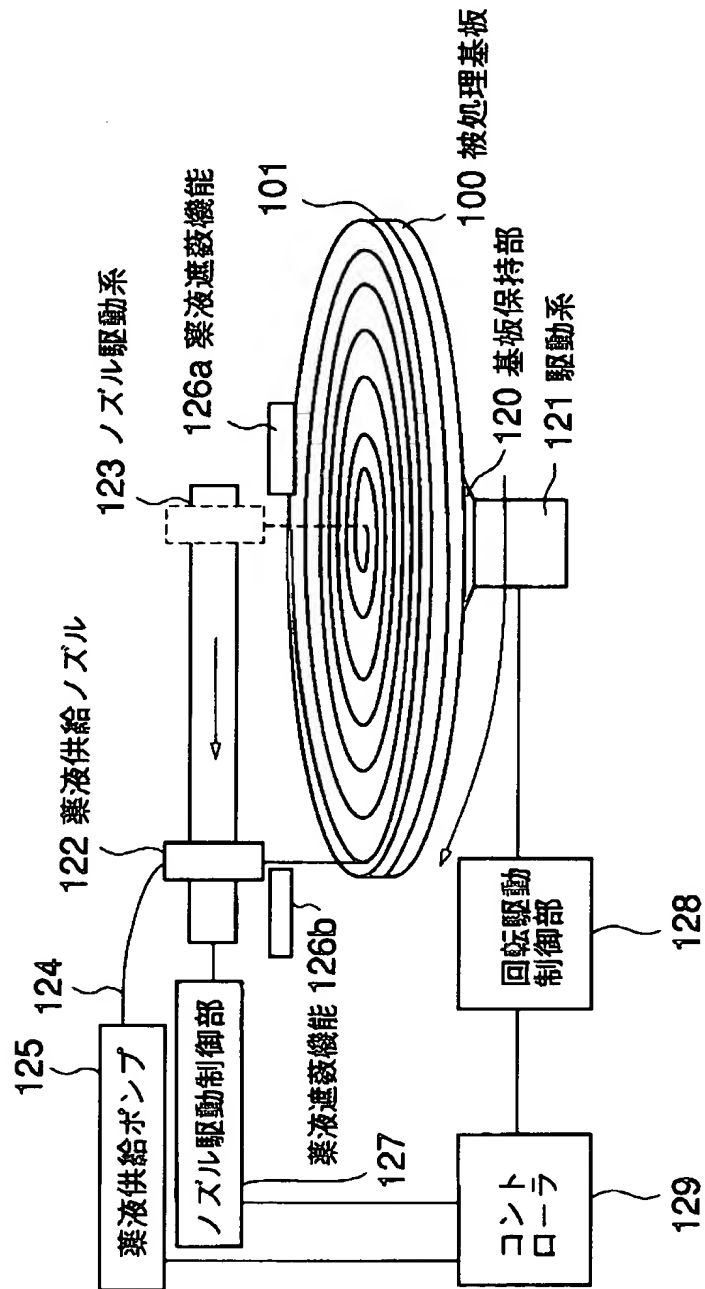
【符号の説明】

- 1 0 0 …被処理基板
- 1 0 1 …液膜
- 1 2 0 …基板保持部
- 1 2 1 …駆動系
- 1 2 2 …薬液供給ノズル
- 1 2 3 …ノズル駆動系
- 1 2 4 …薬液供給管
- 1 2 5 …薬液供給ポンプ
- 1 2 6 a， 1 2 6 b …薬液遮断機能
- 1 2 7 …ノズル駆動制御部
- 1 2 8 …回転駆動制御部
- 1 2 9 …コントローラ
- 2 0 1 …薬液槽
- 2 0 2 …薬液吐出口
- 7 0 1 …第 1 の薬液槽
- 7 0 2 …第 2 の薬液槽
- 7 0 3 …仕切り板
- 7 0 4 …第 1 の薬液吐出口
- 7 0 5 …第 2 の薬液吐出口

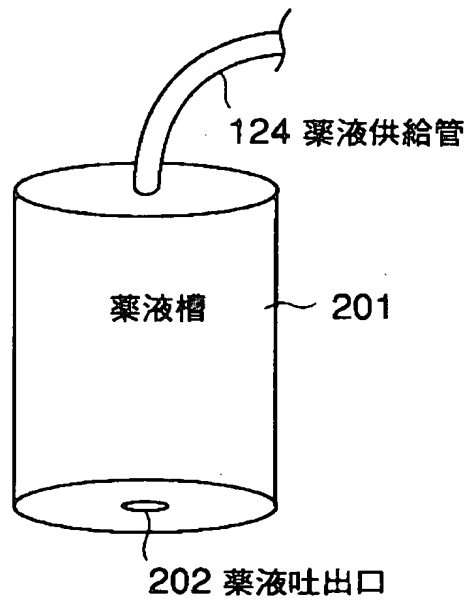
【書類名】

図面

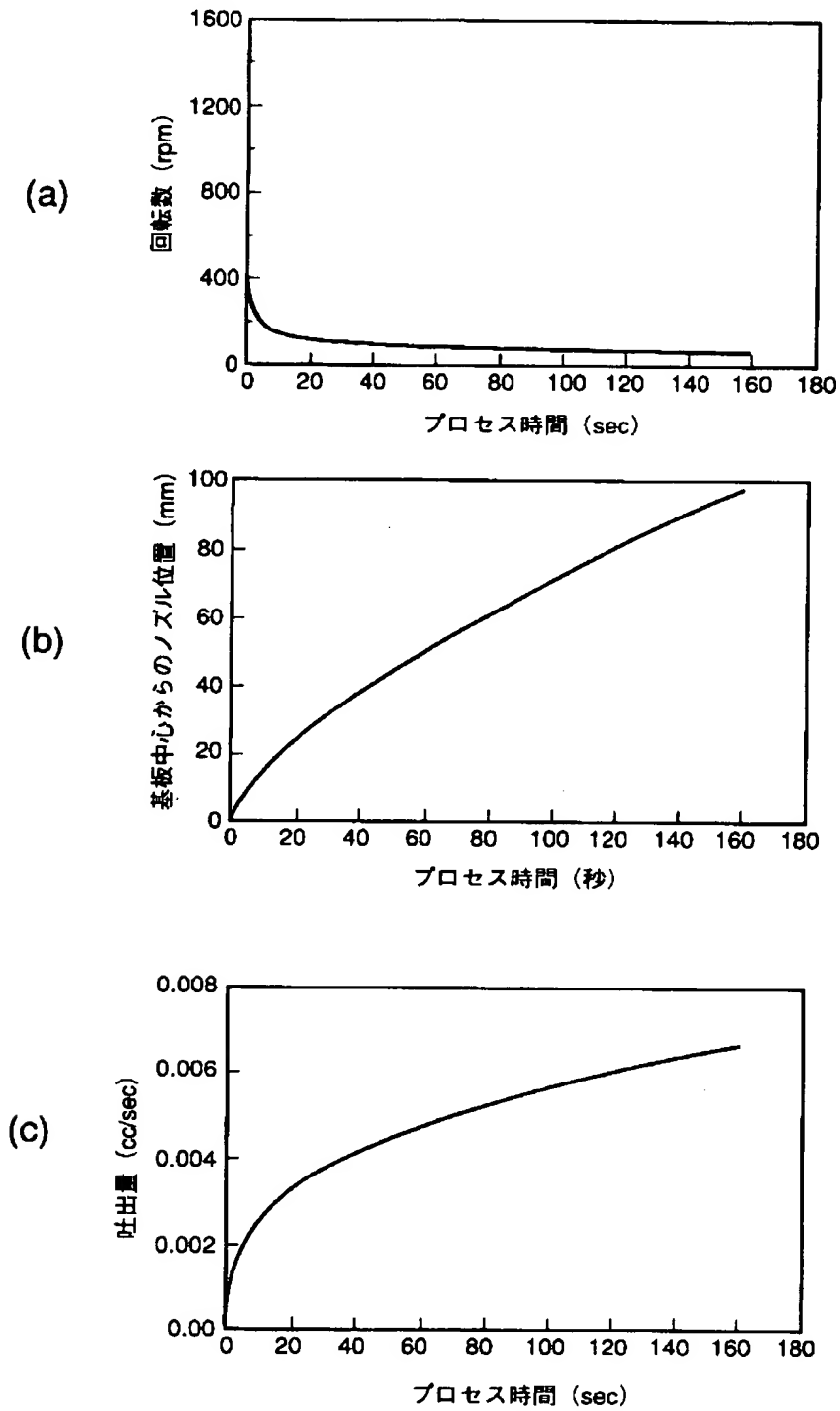
【図 1】



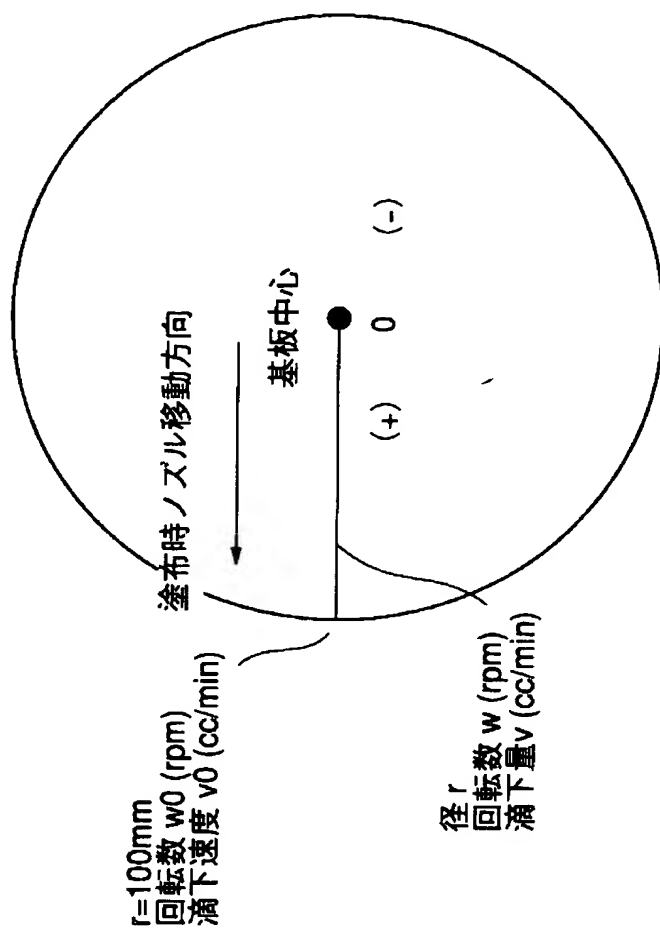
【図 2】



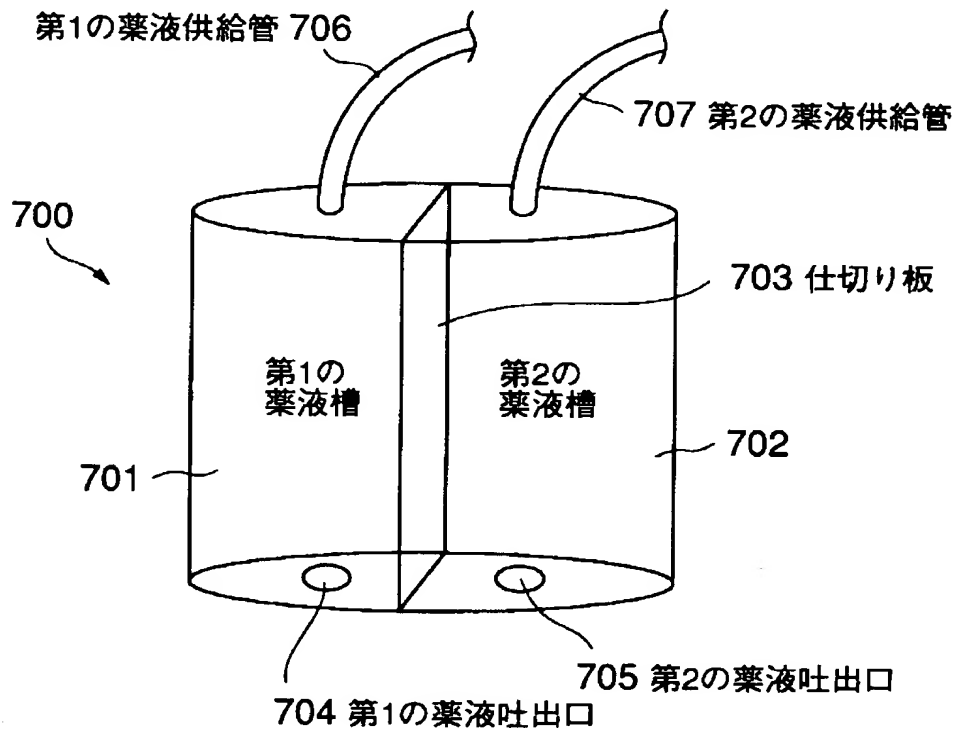
【図 3】



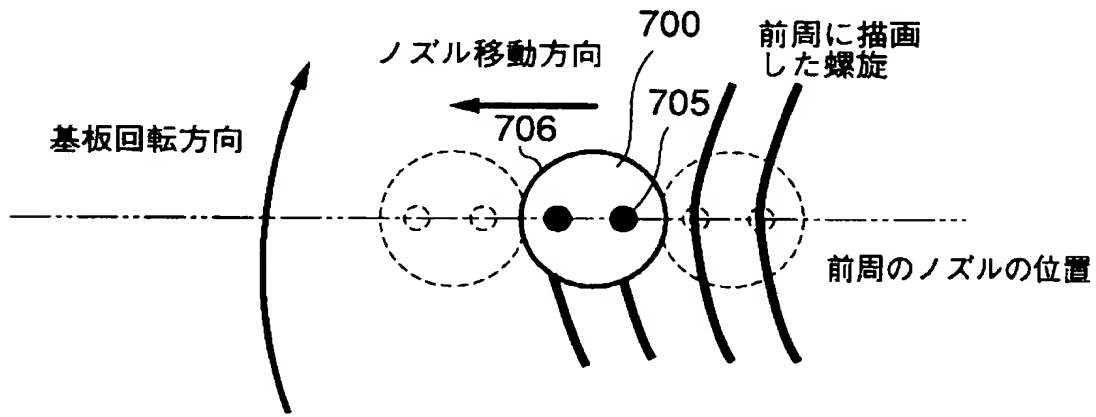
【図 4】



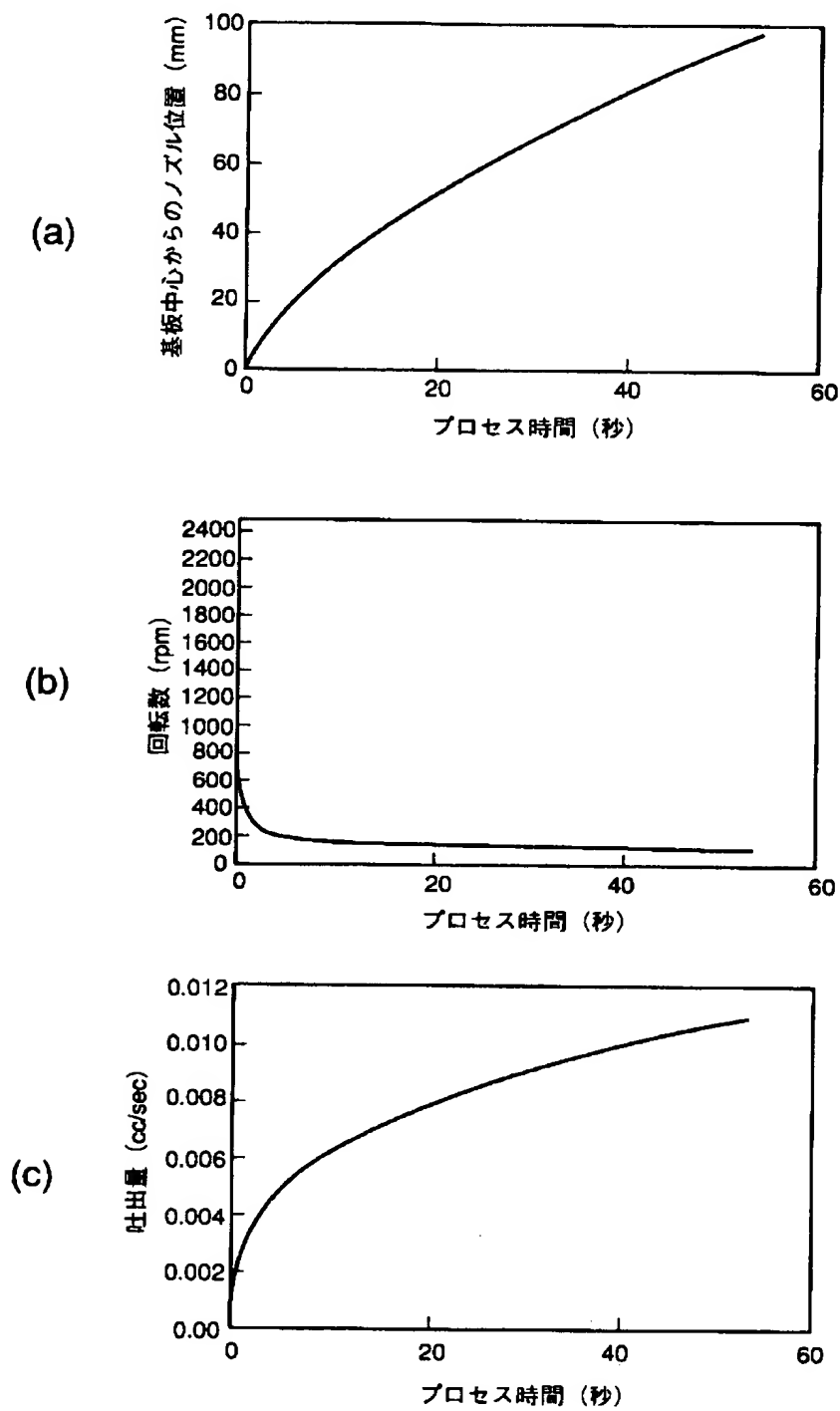
【図 5】



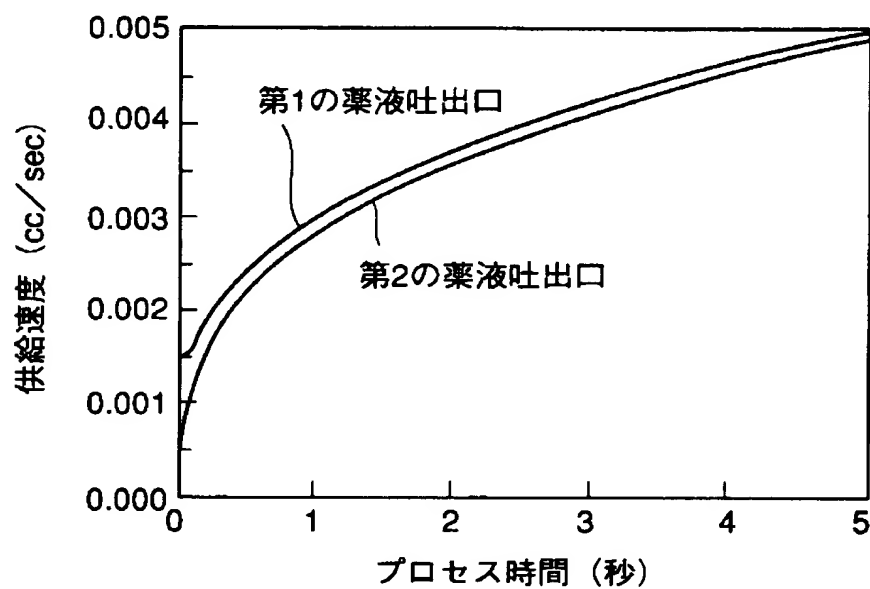
【図 6】



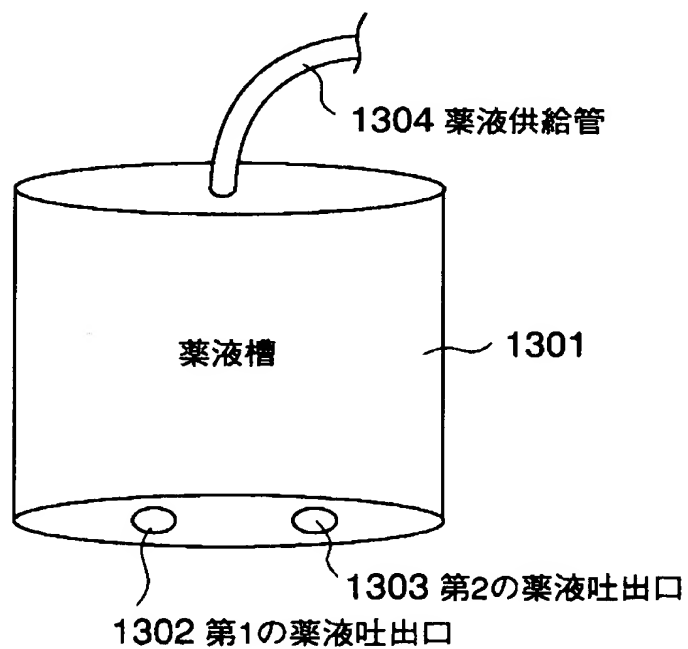
【図 7】



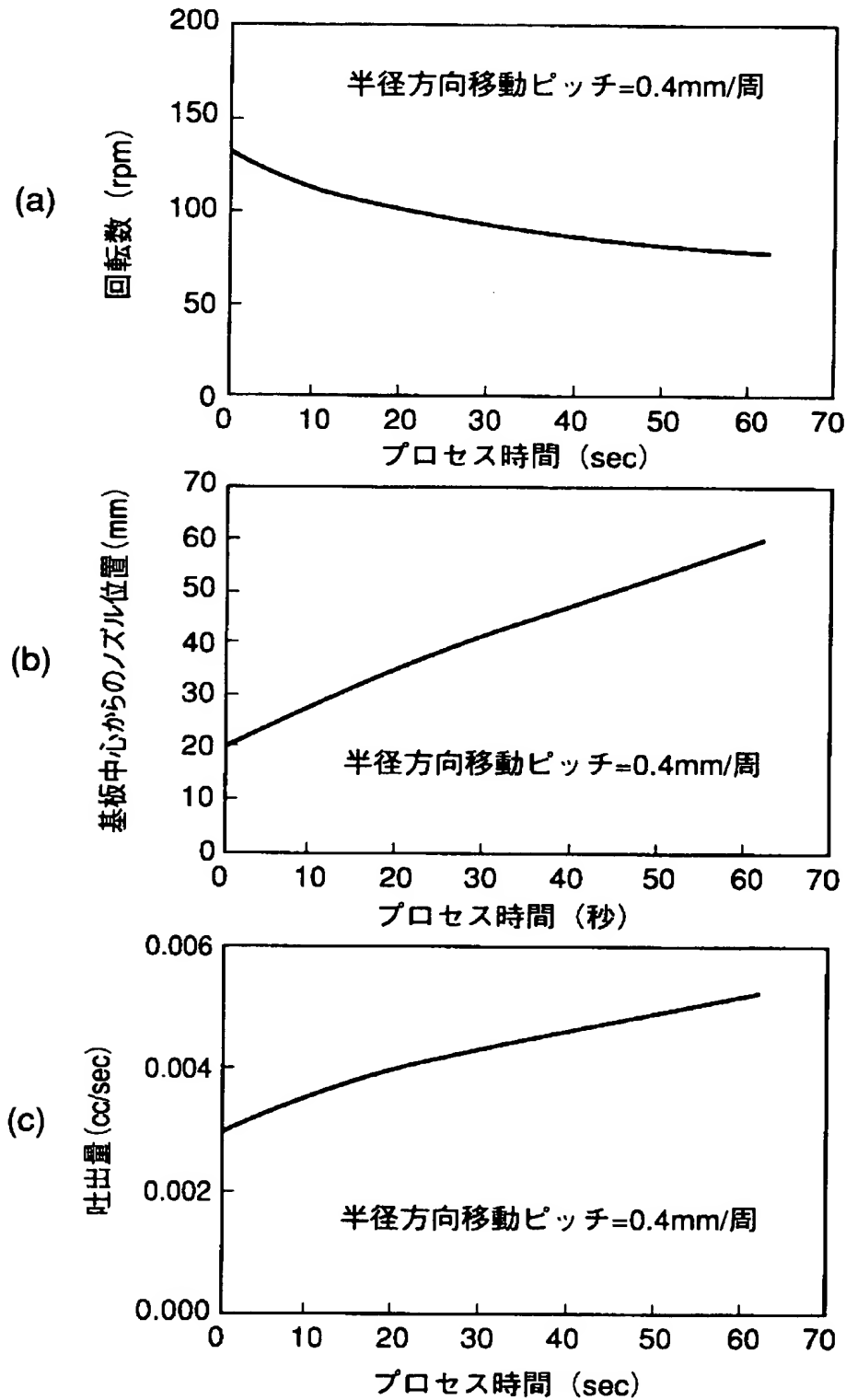
【図 8】



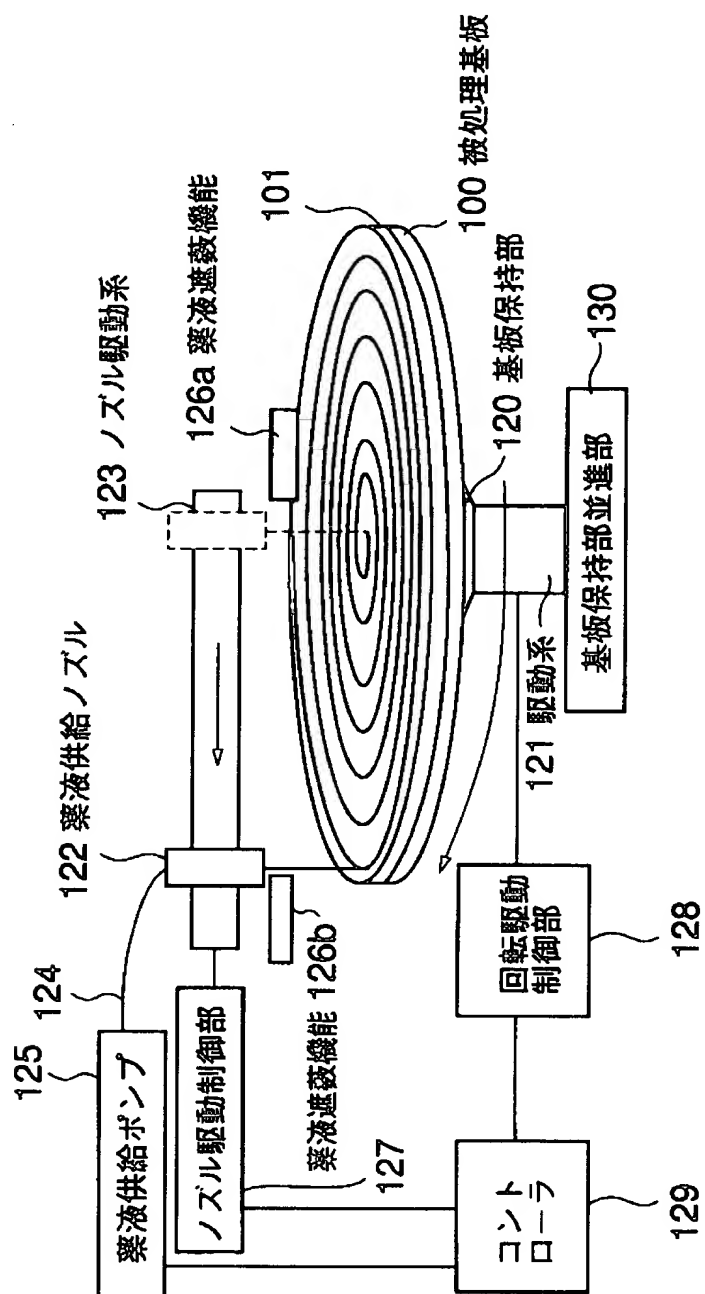
【図 9】



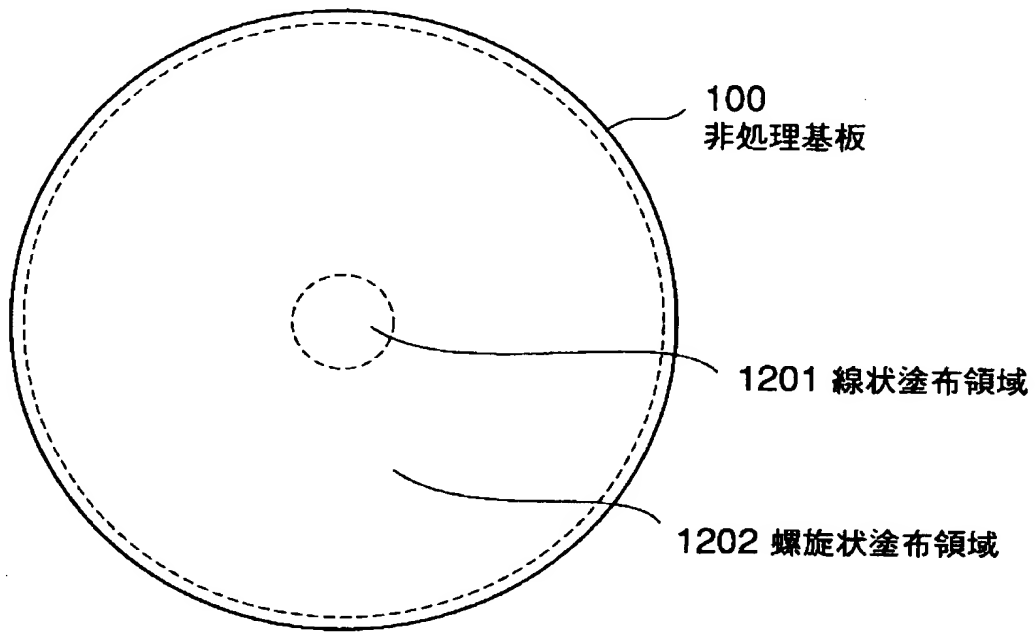
【図 1 0】



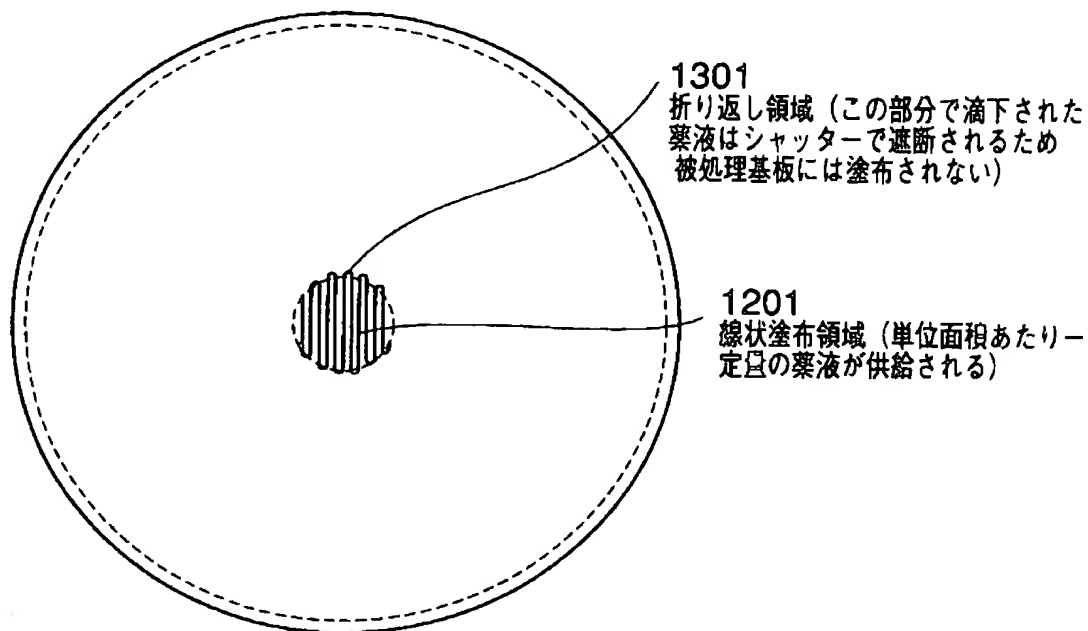
【图 1-1】



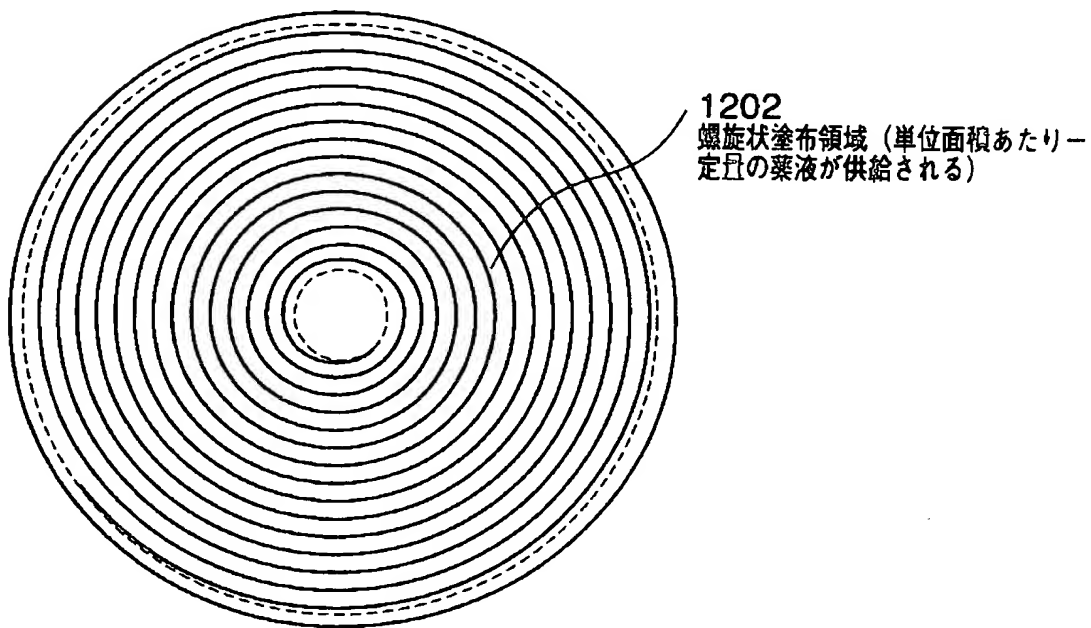
【図 1 2】



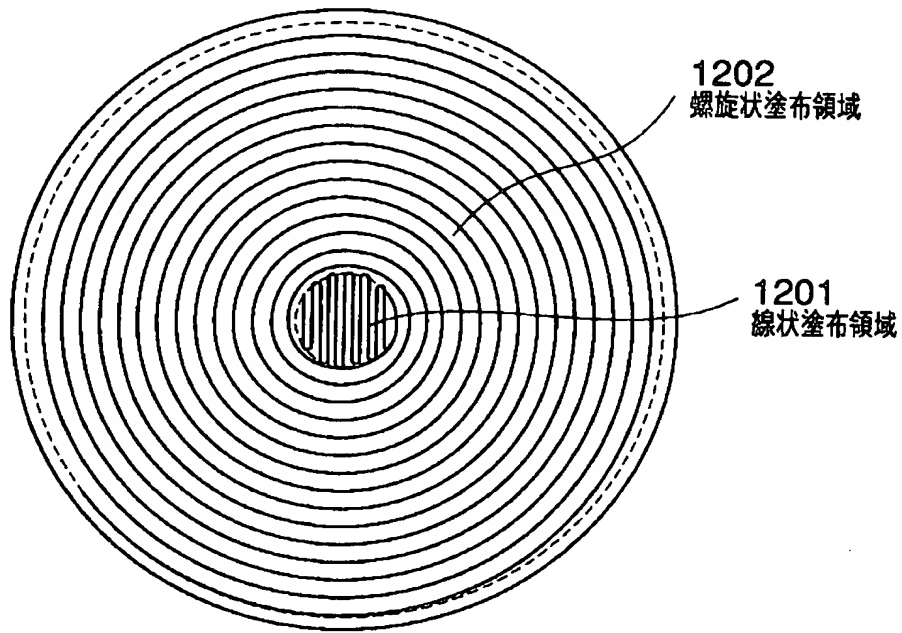
【図 13】



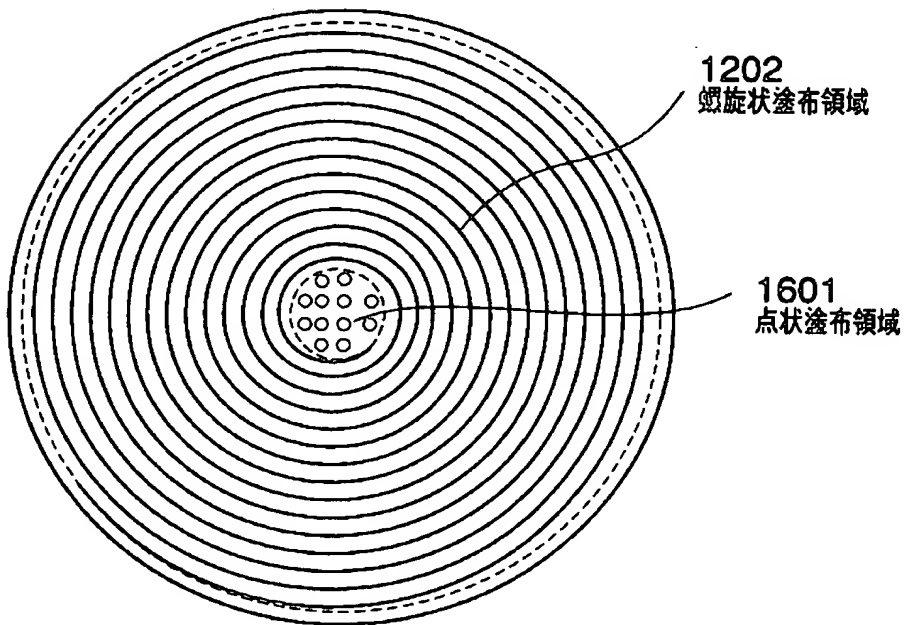
【図 14】



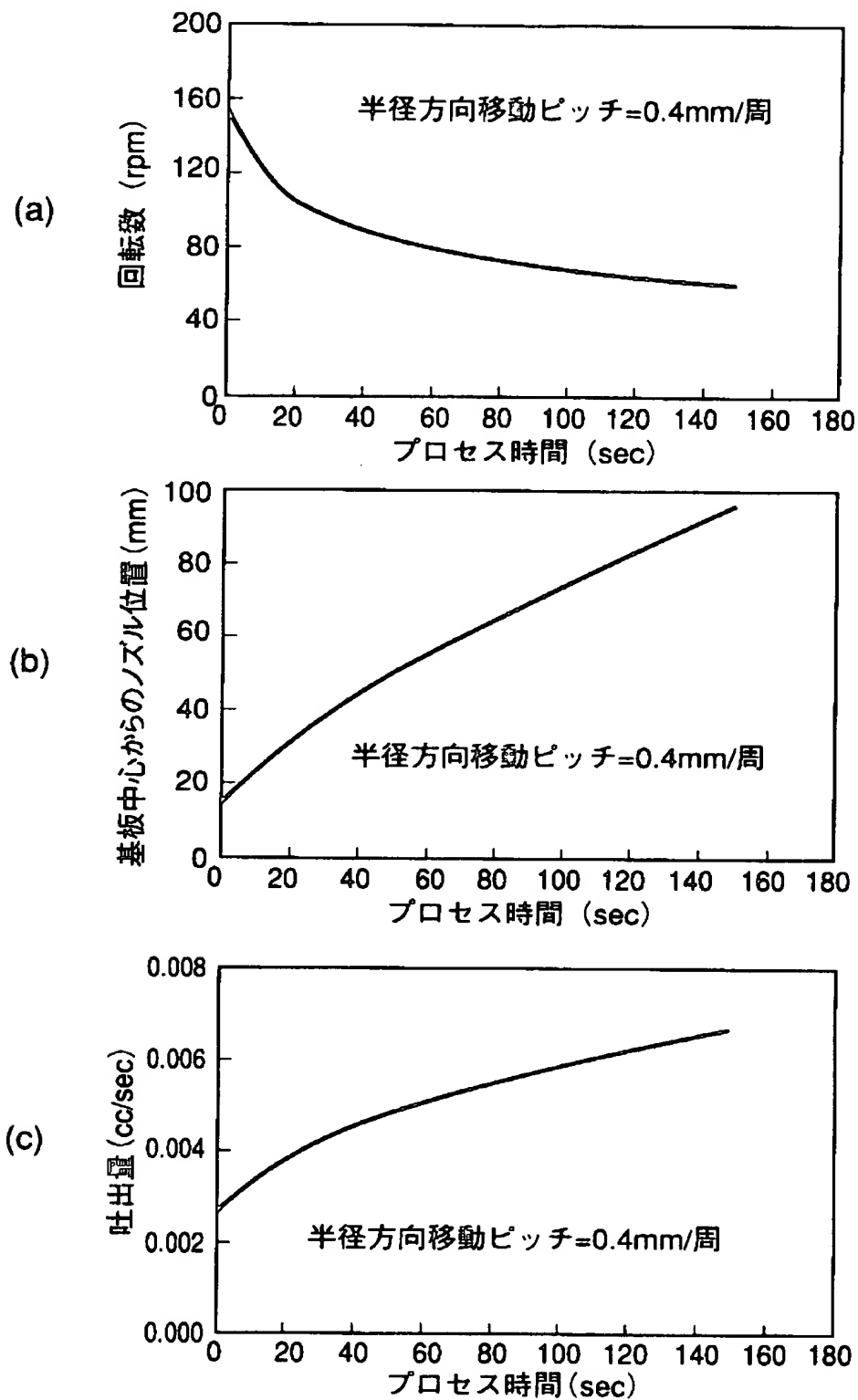
【図 1 5】



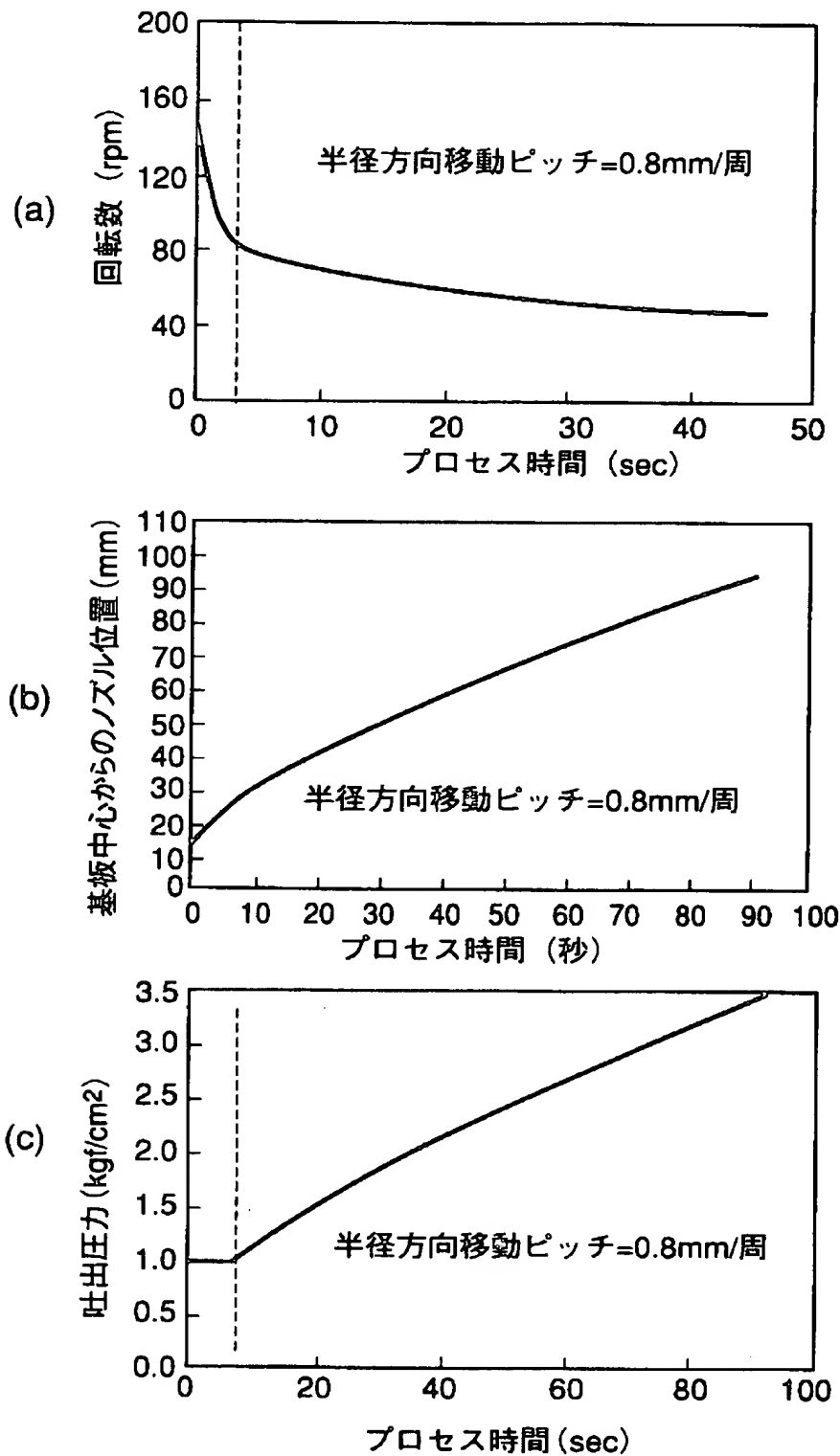
【図 1 6】



【図 1 7】



【図 1 8】



【書類名】                      要約書

【要約】

【課題】被処理基板上に渦巻き状に薬液を供給して成膜を行う技術において、被処理基板外への薬液の放出を抑制すると共に、均一に膜を形成する。

【解決手段】 前記被処理基板と前記滴下部との相対的な移動は、該基板を回転させつつ、前記滴下部を該基板の略中心から該基板の外周に向けて相対的に移動させるものであって、前記被処理基板の略中心から外周に向けた前記滴下部の相対的な移動に伴い、滴下された液膜にかかる遠心力により該液膜が移動しないように、該基板の回転数 $w$ を低下させると共に、該滴下部からの前記液体の供給速度 $v$ を増加させて、前記被処理基板上に液膜を形成する。

【選択図】              図 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 3 0 7 8]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 2 2 日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 神奈川県川崎市幸区堀川町 7 2 番地  
氏 名 株式会社東芝